

THÈSES

présentées pour obtenir
LE GRADE D'INGÉNIEUR DOCTEUR

par

Bernard LEMAIRE

PREMIÈRE THÈSE :

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE L'ILE ERROMANGO

(NOUVELLES-HÉBRIDES)

Métallogénie locale du manganèse

DEUXIÈME THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 24 juin 1963 devant la Commission d'examen

JURY

MM. M.-J. AVIAS	Président
P. DEMANGEON	} Examineurs
J.-M. RÉMY	
M. ROQUES	

G. DE BUSSAC
CLERMONT-FERRAND

*Publié dans les Mémoires
du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555624_0039

THÈSES

présentées pour obtenir
LE GRADE D'INGÉNIEUR DOCTEUR

par

Bernard LEMAIRE

PREMIÈRE THÈSE :

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE L'ILE ERROMANGO

(NOUVELLES-HÉBRIDES)

Métallogénie locale du manganèse

DEUXIÈME THÈSE : PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 24 juin 1963 devant la Commission d'examen

JURY

MM. M.-J. AVIAS	Président
P. DEMANGEON	} Examineurs
J.-M. RÉMY	
M. ROQUES	

G. DE BUSSAC
CLERMONT-FERRAND

*Publié dans les Mémoires
du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*

FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

LISTE DES PROFESSEURS

DOYEN M. CHARLES

ASSESSEURS MM. JOUTY et ASSENMACHER

DOYEN HONORAIRE M. MATHIAS

PROFESSEURS }
HONORAIRES } MM. JACQUES, CASTERAS, CARRIÈRE, TURRIÈRE, SOULA, DENIZOT, GRANIER

PROFESSEURS TITULAIRES

MM.		MM.	
MOUSSERON	Chimie	KAHANE	Chimie biologique
EMBERGER	Botanique	MOREAU	Mécanique rationnelle
BOUHET	Physique	CHARLES	Mathématiques pures
MATHIAS	Zoologie et Biologie gén.	MOTTE	Botanique
ROIG	Physique	JOUTY	Physique
CHATELAIN	Minéral. et cristallogr.	CHALIN	Physique
TUZET (Mlle)	Zoologie et Biologie gén.	ASSENMACHER	Physiologie animale
CAUQUIL (Mlle)	Chimie	PISTOULET	Physique
SALVINIEN	Chimie-Physique	ROUMIEU	Mathématiques
COUCHET	Mécanique supérieure	POTIER	Chimie minérale
VERGNOUX (Mlle)	Physique	JACQUIER	Chimie
AVIAS	Géologie	LAFONT	Physique
VIELES	Chimie	FALGUEIRETTES	Minéralogie
RABINOVITCH	Physique		

PROFESSEUR TITULAIRE EN SURNOMBRE

M.	
BOUX	Mathématiques

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM.		MM.	
CHARLES (Mme)	Mathématiques	RÉMY	Géologie
DE POUQUES (Mme)	Botanique	VERNET (Mme)	Biologie animale
MURAOUR	Géophysique appliquée	ANDRILLAT	Astronomie
LAFON (Mme)	Mathématiques	DEMANGEON	Géologie
MATTAUER	Géologie	SAUVAGE	Botanique
CAILLON	Physique	BONNET	Botanique
TOURNE	Chimie	ROUZAUD	Chimie
EUZET	Zoologie		

MAITRES DE CONFERENCES

MM.		MM.	
CHRISTOL	Chimie	DELOUPY	Physique
GROUBERT	Physique	GRAMBAST	Botanique
GUASTALLA (Mme)	Biologie physico-chimique	GAUFRES	Chimie
LAFON	Mathématiques	PROUST	Géologie
STEINER	Psychophysiologie	BASSOMPIERRE	Physique
LAMATY	Chimie	MARTINEAU	Mathématiques

CHARGES D'ENSEIGNEMENT

MM.			
LEFRANC	Mathématiques	BAILLETTE (Mlle)	Mathématiques
STURER	Mathématiques		

SECRETAIRE PRINCIPAL

M. SIAU



Bernard LEMAIRE

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE L'ILE ERROMANGO

(NOUVELLES-HÉBRIDES)

MÉTALLOGÉNIE LOCALE DU MANGANÈSE

SOMMAIRE

	Pages
<i>Avant-propos</i>	5
<i>Introduction</i>	7
CHAPITRE PREMIER. — LES CONDITIONS NATURELLES.....	9
1). Aperçu géographique	9
2). Sismicité.....	13
3). Géomorphologie	13
CHAPITRE II. — LES FORMATIONS VOLCANIQUES	17
1). Introduction	17
2). Le Volcanique Ancien.....	18
3). Le Volcanique Moyen	24
4). Le Volcanique Récent.....	28
5). Etudes en laboratoire	28
6). Conclusion.	34
CHAPITRE III. — LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES	37
1). Introduction	37
2). Le Récif Ancien	38
3). Formation de Rautor.....	47
4). Placages ultérieurs sur le Récif Ancien	47

	Pages
5). Dépôts de terrasses fluviatiles	52
6). Les formations côtières actuelles.	52
7). Conclusion.	52
CHAPITRE IV. — TECTONIQUE ET GÉOMORPHOLOGIE	55
1). Introduction	55
2). Observations sur le terrain	55
3). Observations sur les photographies aériennes	60
4). Mode de cartographie	62
5). Interprétation	63
6). Conclusion.	69
CHAPITRE V. — STRATIGRAPHIE.	73
1). Introduction	73
2). Histoire géologique. Paléogéographie	73
3). Conclusion.	77
CHAPITRE VI. — PROSPECTION.	79
1). Introduction	79
2). Travaux préliminaires.	80
3). Prospection volante.	81
4). Travaux de détail.	89
5). Conclusion.	99
CHAPITRE VII. — MÉTALLOGÉNIE.	101
1). Introduction	101
2). Observations de terrain.	101
3). Observations de laboratoire	116
4). Essai sur la genèse des différents types de gîtes de manganèse	121
5). Conclusion.	130
CHAPITRE VIII. — RÉSUMÉ ET CONCLUSION	133
1). Généralités.	133
2). Les formations volcaniques.	134
3). Les formations sédimentaires	135
4). Tectonique.	137
5). Stratigraphie	138
6). Prospection	139
7). Métallogénie	140
8). Conclusion.	143
<i>Bibliographie.</i>	144
TABLE DES PLANS, FIGURES ET CROQUIS	175
TABLE DES PHOTOGRAPHIES.	176
TABLE DES MATIÈRES	179
ANNEXES 1 A 3	En pochette

AVANT-PROPOS

ERROMANGO est, parmi les îles des Nouvelles-Hébrides, une de celles qui ont suscité le moins de recherches de la part des géologues ayant séjourné dans l'Archipel. Les autres chercheurs, mais aussi les Européens locaux, planteurs et commerçants, s'étant peu intéressés à Erromango, je pense qu'il faut rechercher les raisons de cet abandon dans son éloignement et son peu d'intérêt apparent vis-à-vis des îles voisines : population clairsemée n'ayant aucune coutume ancestrale à caractère ethnologique ou touristique, peu de ressources locales, pas de volcan actif. Après l'abandon de l'élevage de moutons, Erromango a été peu à peu délaissé par les goélettes assurant des circuits commerciaux réguliers.

Les seuls renseignements géologiques existants sont dus à E. AUBERT DE LA RÛE qui a séjourné quelques jours sur l'île en 1936. En février 1959, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières me chargea d'une mission de reconnaissance ayant pour objet la prospection et l'étude géologique sommaire de l'île. Je dois reconnaître n'avoir pas apprécié instantanément à sa juste valeur la possibilité qui m'était offerte de séjourner dans l'île perdue que je ne connaissais qu'à travers le roman de Pierre Benoit. Pourtant la diversité géologique de l'île, la gîtologie variée des indices de manganèse m'attachèrent rapidement à Erromango. En juillet 1960 j'y recevais la visite de M. le professeur RÉMY. L'intérêt que présentait l'étude du complexe volcanique, des différentes séries sédimentaires et des gîtes de manganèse associés ne lui échappa pas. C'est alors qu'il m'encouragea à préparer cette thèse, ce dont je le remercie vivement. Sa présence à la Faculté des Sciences de Montpellier, la présence de M. le Professeur AVIAS, de qui j'avais déjà été l'élève à l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière de l'Université de Nancy, m'incitèrent à soutenir cette thèse devant la Faculté des Sciences de Montpellier.

C'est avec un sentiment de reconnaissance profonde et sincère que je remercie tous les professeurs qui s'intéressèrent à mon travail :

M. J. AVIAS, Professeur à l'Université de Montpellier, qui a bien voulu accepter la présidence de mon Jury et fixer le sujet de ma deuxième thèse ;

M. M. RÉMY, Professeur à l'Université de Montpellier, qui m'a encouragé dès le début de mes travaux. Il me donna, sur le terrain, au cours de sa longue visite à Erromango, puis à Montpellier lors de la rédaction de mon étude, des conseils et des suggestions dont j'ai été heureux de profiter ;

M. DEMANGEON, Professeur à l'Université de Montpellier, d'avoir accepté de faire partie de mon Jury ;

M. ROQUES, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, Directeur Scientifique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, qui m'a toujours réservé le meilleur accueil et a accepté de faire partie de mon Jury de thèse.

Je dois au Bureau de Recherches Géologiques et Minières beaucoup de gratitude pour l'autorisation qu'il m'a accordée de publier des observations faites pendant mon travail de géologue, pour l'appui matériel qu'il m'a donné pendant la rédaction de cette étude, pour toutes les possibilités qu'il m'a offertes par ses laboratoires, sa bibliothèque et ses services techniques, possibilités dont j'ai usé largement. Je remercie en particulier MM. BERTHOMIEU, Directeur local en Nouvelle-Calédonie, M. ANGEL, Inspecteur divisionnaire et R. LAUTEL, Géologue en Chef, son adjoint, pour leurs conseils éclairés et la part active qu'ils ont prise à la réalisation de mon travail.

C'est avec une sincère reconnaissance que je pense à tous ceux qui m'ont aidé aux Nouvelles-Hébrides :

M. DUC DUFAYARD, Administrateur de la France d'Outre-Mer, qui a aplani bien des difficultés locales ;

M. R. PRIAM, Chef du Service des Mines du Condominium, de qui la camaraderie et la complaisance inlassable n'ont jamais été en défaut ;

Mes camarades de travail : A. NOESMOEN, avec qui j'ai longuement et souvent discuté sur l'affleurement et R. MILLON, à qui j'ai emprunté les résultats de géophysique ;

Tous les prospecteurs et sondeurs qui ont participé au travail d'équipe fait à Erromango.

En France, je dois beaucoup à ceux qui m'ont aidé à des titres divers et que je cite dans ma thèse :

M. le Professeur MILLOT, de l'Université de Strasbourg, qui a bien voulu diriger l'étude des échantillons argileux.

Et au Bureau de Recherches Géologiques et Minières : Mme LE CALVEZ, pour l'étude micropaléontologique ; M. AUTRAN, pour la pétrographie et M. BOULADON, pour la métallurgie.

Murviel-lès-Montpellier,
le 15 février 1963.

INTRODUCTION

QUELQUES degrés au Nord de la Nouvelle-Calédonie, terre déjà souvent visitée par les géologues, les Nouvelles-Hébrides s'allongent en un archipel encore mal exploré (fig. 1).

Avant E. AUBERT DE LA RÛE qui a séjourné aux Nouvelles-Hébrides de 1934 à 1936 et publié des observations sur le « Volcanisme et les Minéraux aux Nouvelles-Hébrides », les géologues et ingénieurs s'étaient surtout intéressés à des points de détail comme le soufre des îles Banks. Seul Sir Douglas MAWSON avait antérieurement publié une vue d'ensemble dans son « Geology of New-Hebrides » (1905).

Depuis la promulgation du règlement minier, des compagnies minières ont envoyé à plusieurs reprises géologues et prospecteurs effectuer des missions de courtes durées dans la plupart des îles du Nord et du Centre (Vaté inclus). Nous possédons les thèses de MM. OBELLIANE et RAHDON qui ont plus particulièrement travaillé sur Vaté, Pentecôte, Maévo, Santo et Mallicolo. Dernièrement le Gouvernement Britannique vient d'ouvrir, dans le cadre du Condominium, un Geological Survey. Nul doute que bientôt les connaissances géologiques locales vont avancer à grands pas.

A Erromango, où j'ai trouvé un terrain peu visité antérieurement, les seules observations faites sont de M. AUBERT DE LA RÛE. Pourtant cette île offre, outre l'intérêt de l'inconnu, une géologie cohérente avec ses quatre phases volcaniques et sa bordure sédimentaire. La minéralisation en manganèse y est variée et sa paragenèse intéressante.

Erromango n'étant pas doté de cartes régulières mais possédant une excellente couverture aérienne (Mission IGN-NH 33 - 1955), le premier travail exécuté a été une étude photogéologique et l'établissement d'une carte au 1/44 000 tirée de celle-ci. Tous les travaux ont été repérés sur cette carte. Ils sont présentés dans cette étude sur un fond au 1/50 000 d'après les minutes IGN en cours de finition. La toponymie locale n'étant pas encore fixée par des documents officiels, j'ai cru bon d'adopter les termes indigènes chaque fois qu'ils étaient sans ambiguïté. Les termes anglais quelquefois employés localement sont, par ailleurs, traduits en français.

Les conditions de travail, parfois assez pénibles, sont exposées dans le paragraphe « Prospection » avec leurs incidences sur l'avancement des travaux.

Le plan de cette étude est le suivant :

- I. — Les conditions naturelles.
- II. — Les formations volcaniques.
- III. — Les formations sédimentaires.
- IV. — La tectonique.
- V. — Stratigraphie.
- VI. — Prospection.
- VII. — Métallogénie.
- VIII. — Résumé et conclusion.

ARCHIPEL DES NOUVELLES HEBRIDES

SITUATION D'ERROMANGO
PAR RAPPORT AUX DEUX CENTRES
DE PORT-VILA ET DE NOUMEA

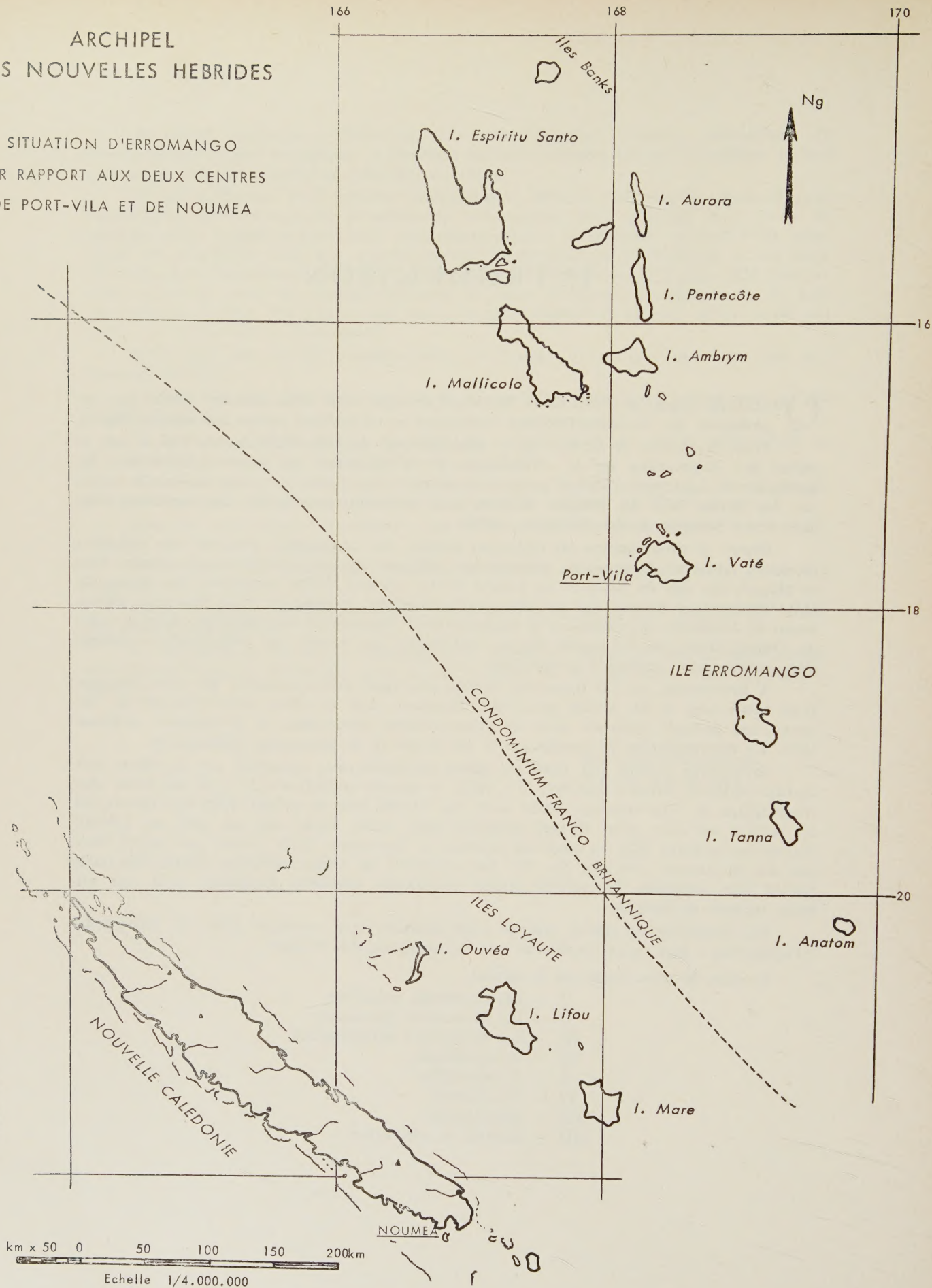


FIG. 1

CHAPITRE PREMIER

LES CONDITIONS NATURELLES

Ce chapitre sera composé des paragraphes suivants :

- Aperçu géographique.
- Sismicité.
- Géomorphologie.

Chaque paragraphe sera réduit à un exposé succinct du sujet, aperçu nécessaire à la bonne compréhension de l'étude géologique.

1 — *APERÇU GÉOGRAPHIQUE*

1,1 LES NOUVELLES-HÉBRIDES.

Les Nouvelles-Hébrides sont formées d'un archipel de quelques 80 îles et îlots alignés N.NW-S.SE, se situant, au degré près, entre les latitudes 14 et 20° S et les longitudes 166 et 170° E. Les îles les plus importantes sont, du Nord au Sud, Espiritu Santo, Maévo, Pentecôte, Mallicolo, Ambrym, Epi, Vaté, Erromango, Tanna, Anatom. Par sa superficie, Erromango arrive en troisième position, peu avant Vaté, loin derrière Santo et Mallicolo.

Politiquement, les Nouvelles-Hébrides sont un Condominium franco-britannique. Elles sont subdivisées en quatre circonscriptions. Erromango fait partie de la circonscription des îles du Sud, dont le siège des Délégations se trouve à Tanna.

La population hébridaise autochtone est de type mélanésien noir. Cependant chacune des îles possède sa race particulière aisément reconnaissable par un vieil Hébridais ou un anthropologiste averti. Cette diversification de la race est soulignée par les différences de religion et de langue. Le « Bichelamar », pidjin local, reste en ce moment la seule langue parlée entre les indigènes d'îles différentes et entre les Européens et les indigènes.

La population européenne est composée en majorité de sujets français, les Australiens arrivent en seconde position, les sujets britanniques étant assez peu nombreux. Outre les employés, à titre divers, dans les Administrations et les grandes sociétés commerciales, les Européens sont planteurs ou commerçants, rarement artisans.

La population asiatique est concentrée à Luganville (Espiritu-Santo) et Port-Vila (Vaté Centre administratif). Elle monopolise le petit commerce, le petit artisanat et le maraîchage.

Les ressources des Nouvelles-Hébrides sont essentiellement agricoles : coprah, cacao, café, élevage. L'éventail s'est ouvert ces dernières années avec une pêcherie à Santo et une mine de manganèse à Forari (Vaté) exploitée par la Compagnie Française des Phosphates d'Océanie.

1,2 QUELQUES CHIFFRES SUR ERROMANGO.

Tous les chiffres donnés sont approximatifs, aucun document officiel n'étant publié sur cette île :

- emplacement : village Dillon au centre Ouest de l'île, latitude S : 18° 47',
longitude E : 166° 58',
- superficie : 865 km²,
- nombre de jours de pluie : 220 à 320 j/an,
- pluviométrie moyenne : 2,5 m/an,
- température : 18 à 30°,
- population : 400 habitants.

1,3 RELIEF D'ERROMANGO.

Trois hauts reliefs, d'origine volcanique, atteignent 600 à 850 m : Monts William, Ungin, Pic de la Selle. Ils sont localisés au Nord, au Centre et dans la presqu'île est de l'île. Le reste d'Erromango est grossièrement tabulaire (alt. 100 à 300 m).

1,3,1 MASSIF DU MONT WILLIAM : Il couvre 145 km² au Nord de l'île. C'est un massif circulaire creusé d'une dépression centrale profonde (alt. 200 à 300 m). La crête, déchiquetée par l'érosion, est également circulaire. Elle suit l'altitude moyenne de 700 m, sauf à l'Est où elle descend à 150 m, laissant passer la rivière Potnuma. Les monts William (Nord) et Umenel (Ouest) sont les points culminants de ce massif avec les altitudes de 810 et 730 m.

1,3,2 MASSIF DU MONT UNGIN : il couvre 157 km² au Centre de l'île. Son relief est dissymétrique. Les sommets élevés sont alignés sur la direction Pointe Utobi - Pointe Bedirua (Mont Ungin : 630 m, Mont Welrum : 610 m, Pouce de Roberston 700 m environ). Au Nord de cette ligne, les versants ont une pente accusée vers le plateau. Au Sud, le raccordement se fait par une série de gradins et de vallonnements.

1,3,3 MASSIF DU PIC DE LA SELLE : il occupe la presqu'île est d'Erromango (25 km²) et a un relief très jeune. Il culmine au Pic de la Selle (720 m) et au Pic Raa. Les pentes sont très accusées et atteignent assez couramment 90 %.

1,3,4 LE PLATEAU : il constitue le reste l'île et est particulièrement typique au Nord-Ouest (zone Numpon Navwolu), dans le couloir central (zone comprise entre les massifs des Monts William et Ungin) et dans le Sud de l'île. Son altitude moyenne est de 300 m. Les rivières importantes y ont modelé un relief en creux, les torrents ont creusé des ravins dans sa couverture latéritique. Ce relief « négatif » rend très difficile la pénétration sur le plateau lorsque l'on ne suit pas une direction parallèle au réseau hydrographique.

1,4 LES COTES.

Les côtes d'Erromango sont inhospitalières. Les seuls bons mouillages se trouvent à Dillon et à Potnarevin. Pour les goélettes de très faible tirant d'eau les rivières d'Ifor, du Sud, et certaines pointes, offrent de bons abris.

En règle générale une falaise de 100 à 200 m domine la côte. Au Sud-Ouest la falaise est entaillée par quatre gradins côtiers horizontaux. Au Sud de la Baie Cook la côte est basse, souvent marécageuse. Le raccordement avec le plateau se fait par une série de ressauts et de moutonnements.

1,5 HYDROGRAPHIE.

Le réseau hydrographique est très serré sur toute l'île mais rares sont les rivières perennes. La carte au 1/250 000 (fig. 2) représente les bassins versants principaux et les caractéristiques des différentes rivières.

1,5.1 Les cours d'eau principaux sont au nombre de cinq. La Potnuma draine la dépression centrale du massif du Mont William. Elle est sujette à des crues importantes et soudaines après les grosses pluies. La Dillon et la Potnukres drainent le versant sud du massif du Mont William et le versant nord du massif du Mont Ungin. Leur débit moyen est de l'ordre de 20 m³/s. Les crues sont rares et se produisent après une longue période de pluie. Le débit solide (terres rouges latéritiques) est alors important. La rivière Naitnatwen draine le flanc est du massif central. Le débit est assez faible car les pertes sont importantes dans les rones latéritisées (voir ci-dessous) et les calcaires. Le bassin de la rivière sud s'étend sur le versant sud du massif du Mont Ungin et le plateau sud. Au Sud de la rivière principale le réseau d'affluents est remarquable par son orientation parallèle à l'allongement de l'île (NW-SE). Cette rivière a un débit assez bien régularisé par les terres latéritiques qui se gorgent d'eau après les pluies.

1,5.2 Le régime des autres cours d'eau dépend beaucoup de l'orientation du bassin versant (les pluies arrivent généralement du Sud-Est) et de la nature du terrain traversé : l'eau ruisselle en terrain volcanique sain, s'infiltre mais est restituée dans les terrains volcaniques latéritisés (formés essentiellement de terres argileuses résiduelles englobant des graviers, des blocs altérés de la roche mère, ce qui les rend perméables en petit), se perd en pays calcaire. Dans le Sud-Ouest de l'île existe une série de bassins fermés. L'eau en est drainée par circulation karstique à travers les calcaires de la falaise côtière.

1,5.3 En bordure de côte les terrains sont le plus souvent calcaires et surplombent légèrement l'arrière-pays. Une série de bassins versants côtiers borde donc l'île. Ils ne donnent jamais naissance à une rivière. En période de grosses pluies les eaux vadoses se rassemblent en torrents et disparaissent en circulation karstique.

1,6 CLIMAT.

Dans son ensemble le climat est tropical humide. Cependant une série de microclimats se différencient par l'orientation aux vents dominants (vents SE) et l'altitude. Au Sud d'une ligne brisée Pointe Utobi-Potnarevin - Mont Umenel - Rivière Ponusia, les pluies sont fréquentes et abondantes. Au Nord d'une même ligne il arrive qu'il pleuve nettement moins. La saison des pluies se situe, en principe, d'octobre à mai. Il n'y a pas de saison sèche.

Les températures dépassent rarement 28° sur le plateau. Elles ne sont pénibles qu'en fonction de l'humidité ambiante.

La zone du plateau calcaire comprise entre les rivières Dillon et Waringui est assez bien abritée des pluies. Elle a été choisie comme lieu de résidence lors des travaux (centre principal à Numpon). Paradoxalement le problème a été celui de l'eau : il n'y a pas de rivières pérennes ni de sources dans cette région à circulation karstique.

1,7 FLORE.

Les zones très arrosées et imperméables sont couvertes de la forêt subtropicale classique dans ces régions. La végétation est tout particulièrement serrée dans le massif du

PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS A ERROMANGO

CARACTERISTIQUES DES COURS D'EAU

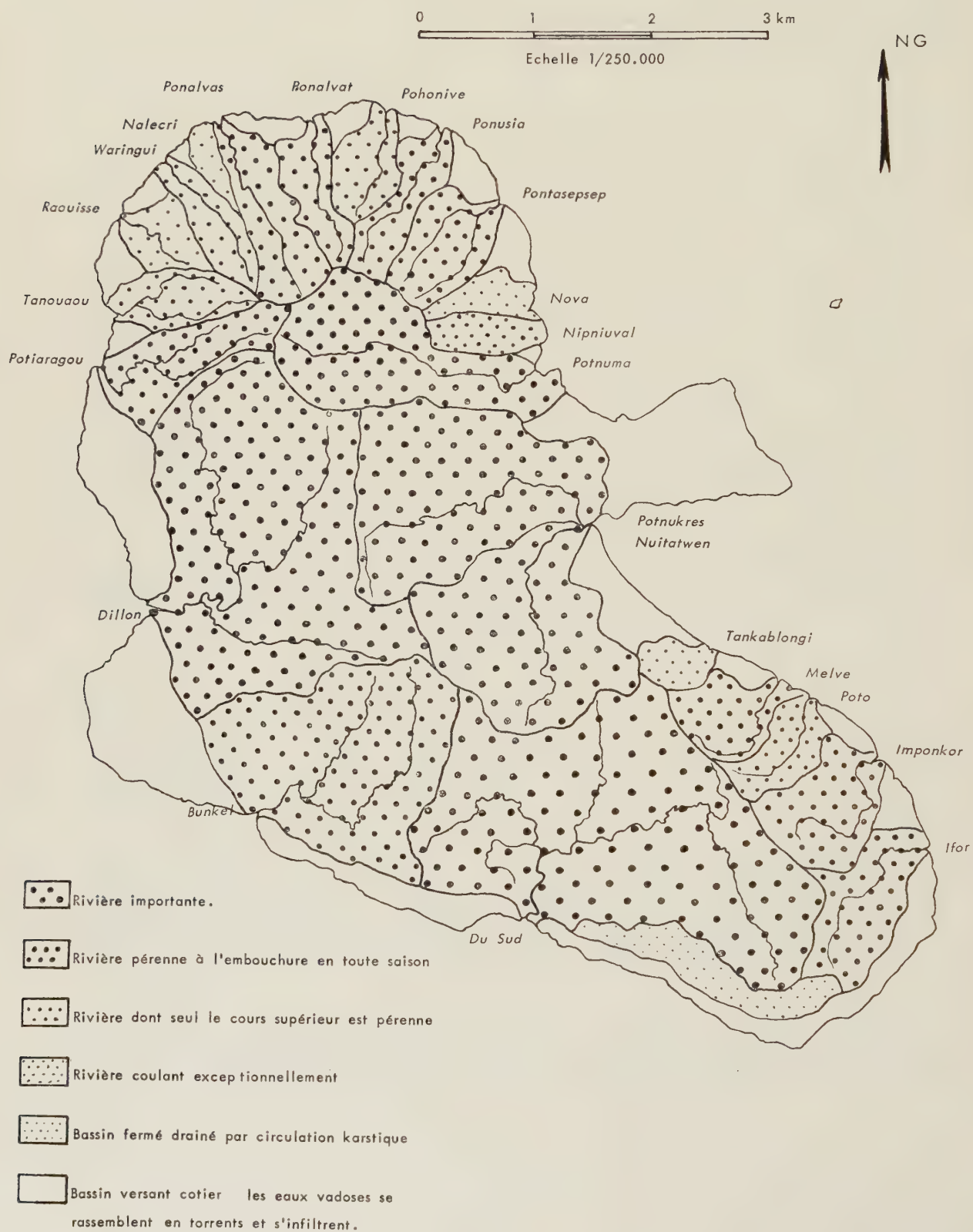


FIG. 2

Mont William. Un beau peuplement de kaoris et de tamanous est à signaler sur le plateau sud.

Les zones latéritiques peu arrosées (Nord-Ouest de l'île - Couloir Dillon - Potnarevin) sont à peu près désertiques. Y poussent de rares fougères et des gaïacs rabougris.

Les zones calcaires peu arrosées (pointe Utobi à pointe Lahirao) offrent quelques maigres pâturages et quelques peuplements de gaïacs. Ailleurs une végétation secondaire arbustive très dense, formée d'acacias et de goyaviers, envahit tout.

1,8 FAUNE.

La faune locale est très pauvre : pigeons de races diverses, roussettes, une espèce de serpent non venimeux. Les seuls mammifères sont les descendants de bétail importé : bovins, chevaux, porcs, chèvres, qui vivent à l'état sauvage dans la brousse.

Il n'y a pas d'animaux nuisibles sinon les moustiques et les mouches.

1,9 POPULATION.

La population d'Erromango est actuellement réduite à 400 individus environ. Elle était beaucoup plus dense autrefois ; des statistiques antérieures le prouvent et des traces de villages abandonnés se trouvent un peu partout en brousse.

Les principaux centres de peuplement sont Potnarevin, Dillon et la région d'Happyland. Quelques villages disséminés comptent cinq à vingt individus : Ponalvat, Navwolu, Mauras, Ikao, Immeus, Ifor, Tatorratui. Trois langues sont encore parlées sur l'île.

2 — SISMICITÉ

La sismicité de la région centrale des Nouvelles-Hébrides a fait l'objet d'une note récente (oct. 1962) de MM. BLOT (Maître de Recherche à l'ORSTOM-IFO-NOUMEA) et PRIAM (Chef du Service des Mines du Condominium). Je leur emprunte les renseignements qui vont suivre et la carte de localisation des séismes.

Les Nouvelles-Hébrides font partie de l'arc des Salomonides. Cette région est l'une des plus sismiques du globe.

Du point de vue statistique, les principaux séismes répertoriés à Vila pendant 18 mois depuis le début 1961 donnent une bonne image de la zone active (fig. 3 a). Parmi ceux-ci les nombreux séismes superficiels ou intermédiaires (profondeur 35-100 km), bien que de magnitude modérée (5 à 6), sont fortement ressentis dans le voisinage et jusqu'à une distance importante.

Quelques séismes profonds se localisent à l'Est d'Erromango et cela corrobore bien les observations faites depuis 1909 où il apparaît une concentration exceptionnelle de séismes profonds dans cette région (fig. 3 b).

3 — GÉOMORPHOLOGIE

La morphologie descriptive a été incluse dans l'aperçu géographique.

Des unités géomorphologiques ont été observées lors de l'étude photogéologique et identifiées sur le terrain. Certaines photos aériennes de l'IGN sélectionnées, car elles offrent un aspect géomorphologique typique d'une formation, sont présentées en même temps que cette formation dans les chapitres correspondants. Les principales caractéristiques géomorphologiques des différentes formations rencontrées sont les suivantes :

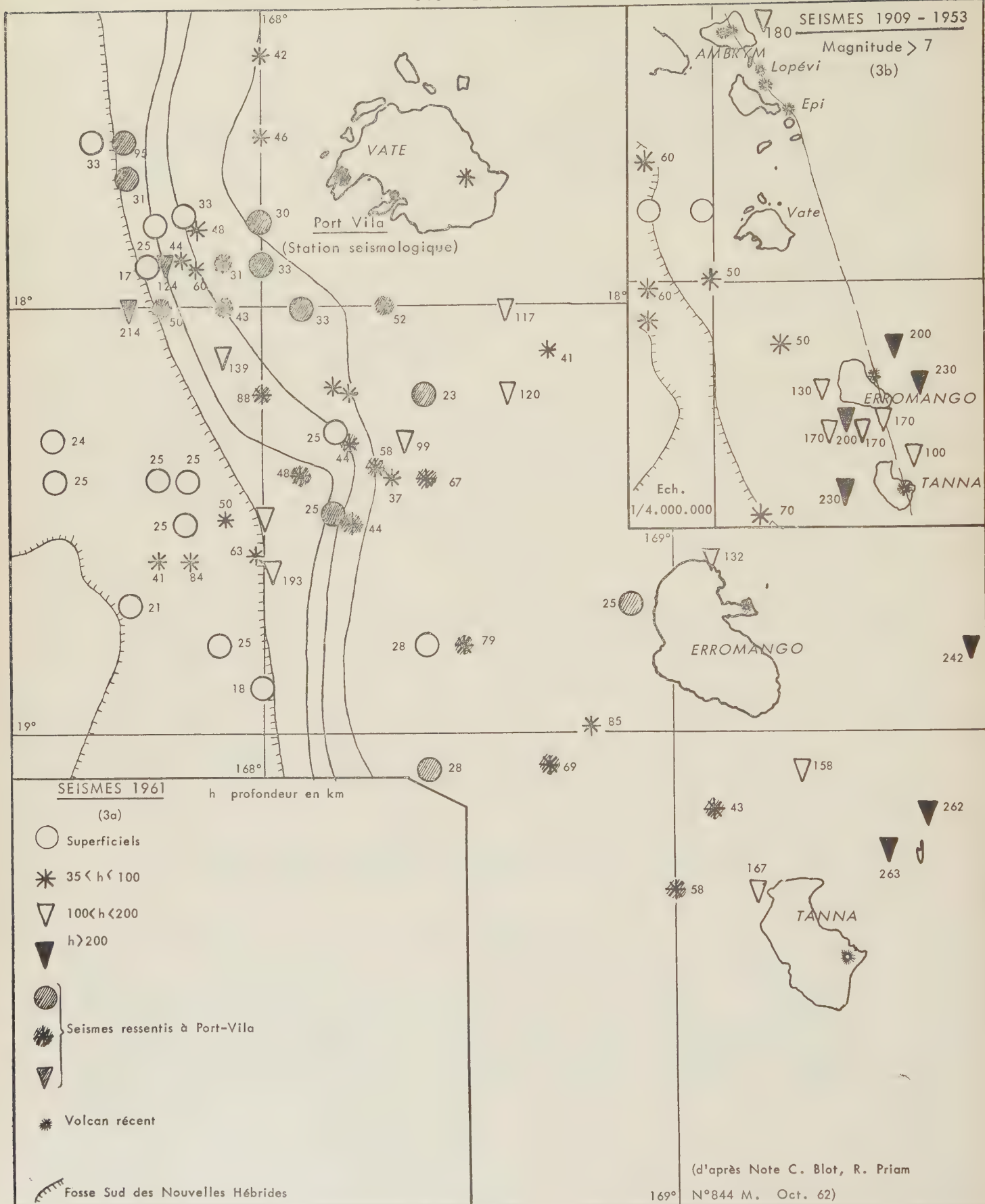


FIG. 3

3,1 VOLCANIQUE I :

Relief tabulaire (pénéplaine) ; latéritisation ; réseau hydrographique encaissé dans le Nord ; réseau hydrographique orienté N.NW-S.SE dans le Sud ; végétation rare dans le Nord, surtout sur terre latéritique.

3,2 VOLCANIQUE II :

Relief érodé ; latéritisation surtout visible à l'Ouest.

3,3 VOLCANIQUE III :

Relief circulaire, dépression centrale ; peu de latéritisation ; réseau hydrographique convergent vers la Potnuma au centre, divergent à l'extérieur ; crêtes acérées entre les rivières coulant à l'extérieur du cône ; couverture végétale dense.

3,4 VOLCANIQUE IV :

Relief jeune, pentes très accusées ; formes volcaniques visibles.

3,5 RÉCIF ANCIEN :

Domine légèrement l'arrière-pays immédiat ; réseau hydrographique propre peu resserré et peu encaissé ; végétation caractéristique ; gradins côtiers dans le Sud-Ouest.

CHAPITRE II

LES FORMATIONS VOLCANIQUES

1. — INTRODUCTION

Les formations volcaniques occupent une superficie de 591 km², soit plus des deux tiers de la superficie totale de l'île. On peut y distinguer quatre séries d'extensions variées dues à quatre phases d'activité successives. Ce sont :

- Volcanique Ancien (Volcanique I), substratum de toutes les autres formations de l'île. Il affleure sur 265 km² environ.
- Volcanique Ancien tardif (Volcanique II), couvrant le centre Sud de l'île sur 157 km² environ.
- Volcanique Moyen (Volcanique III), couvrant le centre Nord de l'île sur 144 km² environ.
- Volcanique Récent (Volcanique IV), formant l'essentiel de la presqu'île du Pic de la Selle (25 km² environ).

Les Volcaniques I et II sont très voisins par le caractère du matériel. Ils n'ont d'ailleurs été séparés qu'assez tardivement lors de l'étude géologique de terrain. Ils seront décrits dans le même paragraphe : « Le Volcanique Ancien ».

Ce chapitre exposera d'abord les observations de terrain relatives à chaque type de Volcanique (en s'attardant plus particulièrement sur le Volcanique Ancien), puis les observations de laboratoire (lames minces et analyses chimiques).

Les différents paragraphes seront donc les suivants :

- 2 Le Volcanique Ancien.
 - 2,1 Généralités.
 - 2,2 Volcanique Ancien I.
 - 2,3 Volcanique Ancien tardif.
- 3 Le Volcanique Moyen.
- 4 Le Volcanique Récent.
- 5 Etudes de laboratoire.
 - 5,1 Lames minces.
 - 5,2 Analyses chimiques.
- 6 Conclusion.

2. — LE VOLCANIQUE ANCIEN

2,1 GÉNÉRALITÉS.

Le Volcanique Ancien forme le substratum de la totalité de l'île ; recouvert localement par des formations plus récentes, il affleure sur une superficie totale de 422 km², environ la moitié de l'île.

Les processus de latéritisation, très intense sur le Volcanique Ancien, ont conduit à la création d'une pénéplaine se trouvant aux environs de l'altitude 300 m. Cependant, au Sud d'une ligne Baie Dillon-Baie Cook un relief résiduel atteignant l'altitude 600 m subsiste. Bien que, sur le terrain, le matériel volcanique paraisse le même que celui de la zone tabulaire, il avait été avancé que la zone montagneuse était peut-être due à une phase tardive de la Série Volcanique Ancienne. Certains arguments ultérieurs, de terrain et de laboratoire, ont étayé après coup cette proposition. Le Volcanique Ancien a donc été divisé en deux phases :

- le Volcanique Ancien tabulaire ou Volcanique I,
- le Volcanique Ancien tardif ou Volcanique II.

Ces deux phases seront exposées séparément dans la suite de ce paragraphe.

2,2 LE VOLCANIQUE I.

2,2,1 GÉNÉRALITÉS — SITUATION — EXTENSION.

Le Volcanique I affleure du Nord au Sud d'Erromango où il forme actuellement des plateaux latéritisés culminant vers l'altitude 300 m. Les affleurements caractéristiques sont fournis par les falaises en bord de mer : Baie Elisabeth, Pointe des Traités, Ile des Chèvres et

- les rivières assez puissantes pour avoir entaillé la couverture latéritique et la roche sous-jacente : Rivières Tanouaou, Potiaragou, du Sud, Ponukres,
- les rivières côtières ayant entaillé toute la Série Sédimentaire, mettant localement à jour le Volcanique I non altéré : Rivières Ponkilmonkip, Raouisse.

Partout ailleurs la latéritisation rend difficile l'observation du matériel volcanique.

2,2,2 APPAREILS ÉRUPTIFS.

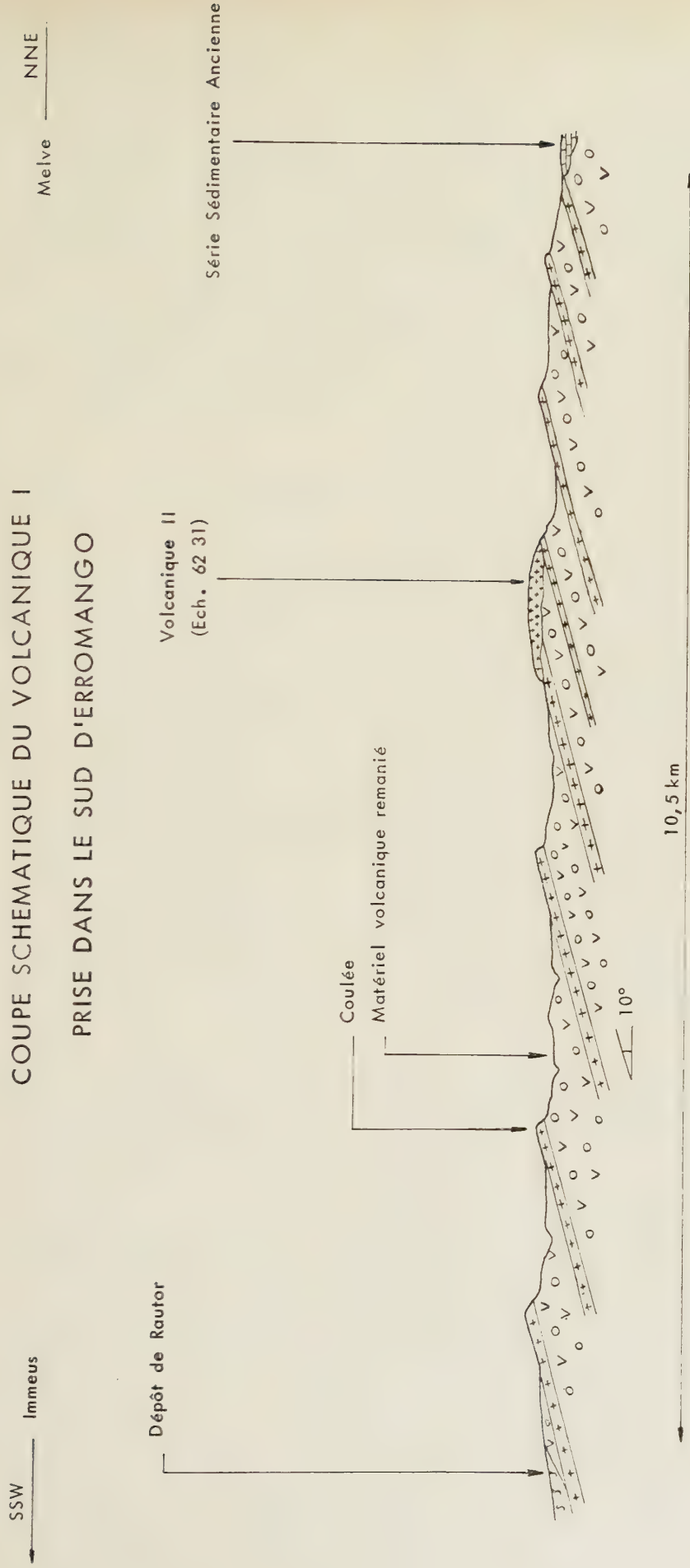
Aucun appareil éruptif n'a pu être mis en évidence sur le terrain. Le Mont Wantop, au Nord-Ouest d'Erromango, présente bien quelques pendages dont les inclinaisons convergent grossièrement vers son sommet, mais le choisir comme emplacement d'un cratère primitif, même adventif, serait faire preuve d'une grande témérité. La question de l'origine du Volcanique I sera reprise en fin de paragraphe.

2,2,3 TYPES DE MATÉRIEL OBSERVÉS.

Il n'a été observé que deux types de matériel : des coulées et des tufs volcaniques formés de matériaux volcaniques plus ou moins remaniés. Les roches en affleurement sont en général très altérées, si bien qu'il est souvent difficile de dire si on a affaire à un matériel remanié ou à une coulée à blocs plus ou moins disloquée. Aucune projection n'a jamais été observée en place mais des scories, des lapillis et des cendres ont été retrouvés dans le matériel remanié.

2,2,4 SITUATION DE CE MATÉRIEL.

Les laves observées dans le Volcanique I sont toujours des basaltes, à la rigueur des basaltes-andésites. L'exposé des observations faites sur lames minces sera développé plus loin. A l'affleurement les roches sont grises à noires. Elles sont compactes, les laves bulleuses sont rares. Les phénocristaux observés sont formés par les plagioclases, l'augite et l'olivine. Les inclusions de pyrite sont fréquentes.



Les failles ont été supprimées. Le pendage moyen a une direction N 135° E.
 Les coulées sont en relief dans la topographie.

Le réseau topographique est orienté NW - SE.

Le volcanique II repose en discordance sur le Volcanique I.

FIG. 4

L'ensemble du Volcanique I est pratiquement horizontal. Les coulées alternent avec le matériel remanié.

2,2.4.1 Dans la zone sud d'Erromango où les compartiments tectoniques sont peu basculés, on observe la même alternance. L'ensemble est penté vers le Sud-Ouest. Le pendage réel est très difficile à préciser vu sa faible inclinaison et la couverture latéritique. Sa direction est voisine de N 135°E et son inclinaison inférieure à 10°SW (fig. 4).

2,2.4.2 Dans la région de la Baie Elisabeth, la tectonique morcelle le Volcanique I en une série de compartiments dont quelques-uns sont basculés. Il est alors très difficile de déterminer le pendage d'origine de la formation. Les beaux affleurements de la Baie Elisabeth sont horizontaux mais il semble que, lorsque l'on remonte la rivière Potiaragou, la série volcanique ait un pendage d'origine, de direction N-S, et d'inclinaison W atteignant 5 à 10°.

2,2.5 LES COULÉES.

L'évaluation du volume des coulées par rapport au volume des matériaux du Volcanique I est très imprécise du fait de l'altération superficielle. Si l'on tient compte des seules coulées massives, le rapport est de l'ordre de 1/10.

2,2.5.1 Le nombre de coulées reste indéterminé. Il est au moins de huit dans le Sud de l'île et de onze dans le Nord. Ces chiffres ne sont pas limitatifs. Dans la rivière Potiaragou et la rivière Dillon, il a été observé que les coulées sont groupées par deux ou trois, l'intervalle entre chaque groupe de coulées étant occupé par une puissante formation de matériel volcanique remanié (puissance de l'ordre de 100 m). Dans le Sud de l'île, où les affleurements sont rares, il est possible que ce phénomène existe et qu'en réalité chacune des huit coulées reconnues correspondent à un groupe de deux ou trois coulées rapprochées.

2,2.5.2 La puissance des coulées est extrêmement variable : de 1 à 15 m. Une puissance moyenne de 5 m est représentative.

2,2.5.3 Dans le Nord-Ouest de l'île il a été souvent observé que les coulées reposent sur une surface rubéfiée. Cette observation montre qu'une partie au moins du Volcanique I s'est mis en place en régime aérien (fig. 5).

2,2.5.4 Les coulées observées dans le Sud de l'île sont toutes constituées d'une lave homogène, grise à noire. Dans le Nord les coulées de lave homogène existent mais les coulées bréchiques sont également courantes, surtout lorsque l'on pénètre à l'intérieur de l'île (région de Navwolu et du couloir Baie Dillon - Baie Cook). Les laves bréchiques englobent des blocs de lave de cristallinité différente, souvent bulleuse.

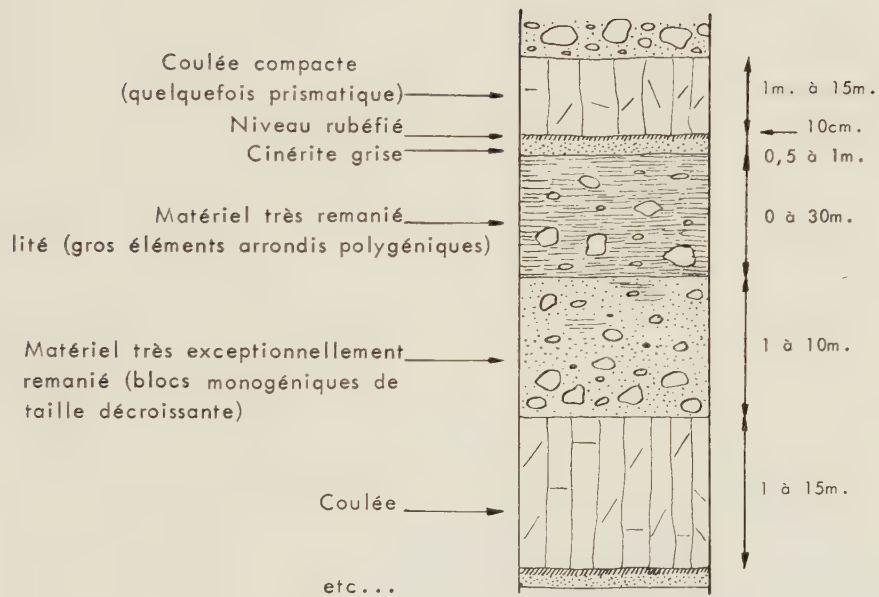
2,2.6 LES MATÉRIAUX REMANIÉS.

2,2.6.1 Les matériaux remaniés forment apparemment la majeure partie du Volcanique I puisque le rapport des puissances coulées/matériel remanié est d'environ 1/10 comme il a été dit. Il est en effet tout à fait possible que la puissance des matériaux remaniés soit artificiellement accrue par la désagrégation de carapaces scoriacées bréchiques dérivant directement des coulées, et par celle de coulées à blocs (fig. 5).

2,2.6.2 Les différents types de dépôt observés sont les suivants :

- Tuf volcanique très fin, induré mais à peine consolidé, formé d'un agrégat de débris volcaniques (plagioclase, augite, olivine, verre). Ces tufs très fins, cinéritiques, semblent non remaniés. Ils se trouvent assez souvent directement sous les coulées.
- Matériel volcanique à peine remanié et à aspect conglomératique : on n'observe pas de litage dans la roche. Il n'y a pas de ciment. Les gros éléments sont arrondis, monogéniques mais de cristallinité variable. Il pourrait s'agir de coulées à blocs désagrégées et à peine remaniées sur place.

SUCCESION DES DEPOTS OBSERVES DANS LE VOLCANIQUE I



COUPE PRISE DANS LA RIVIERE POTIARAGOU

Le matériel très exceptionnellement remanié peut être interprété comme une coulée à blocs désagrégée

FIG. 5

- Matériel peu remanié, à aspect conglomératique. Il n'y a pas de litage dans la roche, en général, mais, fait important, des passages fins, lités, sont exceptionnellement trouvés. Il s'agit donc ici certainement d'un matériel remanié. Le pseudo-ciment est formé d'éléments semblables, fins et clastiques. Les gros éléments sont formés de laves massives ou bulleuses (rares), de scories ou de tufs.
- Matériel franchement remanié, souvent conglomératique. Il est essentiellement formé de matériel volcanique très fin, roulé (débris de laves, de scories, de tufs volcaniques) englobant des blocs roulés de laves diverses. L'ensemble est nettement lité. Le ciment est abondant. Près de la mer on y trouve des coraux isolés, interstratifiés dans la masse.

2,3 LE VOLCANIQUE II.

2,3.1. GÉNÉRALITÉS - SITUATION - EXTENSION.

Le Volcanique II ou Volcanique Ancien tardif affleure de l'Ouest à l'Est de l'île dans la bande délimitée par les deux lignes :

- au Nord = Baie Dillon - Baie Cook.
- au Sud = Village Happyland. Rivière Imponkor.

Cette bande comprend d'ailleurs quelques affleurements de Volcanique I apparaissant à l'occasion de boutonnières ou de panneaux surélevés. Il couvre 157 km² d'un seul tenant et culmine à des latitudes voisines de 600 m (Mont Ungin, Mont Welrum, Pouce de Robertson).

Le Volcanique II, comme le Volcanique I, est très latéritisé. Les coulées étant exceptionnelles à l'Ouest du gisement, l'altération y paraît encore plus poussée.

2,3.2 APPAREILS ÉRUPTIFS.

Sur le terrain, les Monts Ungin et Welrum apparaissent comme des reliefs circulaires exceptionnels, mais aucune qualité particulière des roches trouvées dans les terres latéritiques et les rares affleurements en rivière ne peut les désigner comme centres d'émission. Sur les photographies aériennes, le Mont Ungin se dessine comme un ancien volcan circulaire, creusé d'une cavité centrale, égueulé au Sud et à l'Ouest. Son diamètre est de 5 km, le diamètre du cratère étant de 1,250 km (compte tenu de la grande altération des roches le diamètre initial ne devait pas dépasser 600 m). Une observation des pendages du matériel volcanique autour du Mont Ungin fait apparaître des directions tournant autour du relief et des inclinaisons convergeant grossièrement vers un axe passant par le centre de l'appareil présumé. Il est donc fortement probable que ce relief marque l'emplacement d'un ancien volcan responsable du Volcanique II. L'extension de cette probabilité au Mont Welrum est plus aléatoire, sa forme paraissant moins probante.

2,3.3 TYPES DE MATÉRIEL OBSERVÉ.

Trois coulées ont été observées avec certitude. Elles s'étendent vers l'Est, en direction des rivières Melvé et Potnukres. Ailleurs le matériel est essentiellement remanié. Des coulées existent certainement, interstratifiées dans ce matériel, mais elles n'ont été soupçonnées que par des alignements de blocs arrondis à la surface des terres latéritiques.

2,3.4 LES COULÉES.

2,3.4.1 Le nombre de coulées est indéterminé mais très certainement supérieur à trois, le matériel remanié comprenant de nombreux blocs qui ne sont pas des bombes volcaniques. Un affluent de la Dillon offre une coupe du Volcanique II reposant sur le Volcanique I ; une coulée à pendage nord-ouest y est observée mais il n'est pas certain qu'elle n'appartienne pas au sommet du Volcanique I.

Les trois seules coulées observées avec certitude ont une grande extension puisqu'elles sont retrouvées à la base des affleurements de Volcanique II sur tout le contour est de la

formation. Ces coulées ont une puissance totale moyenne de 30 m. Elles sont superposées, séparées par des tufs cinéritiques. Leurs puissances respectives sont de 4 m - 15 m - 12 m au Sud de Nuvilki. Par endroits les tufs intermédiaires n'existent pas et il est impossible de distinguer les trois venues. Il semblerait, au Sud-Est du gisement, qu'il n'y a qu'une seule coulée de 10 m de puissance en place sur le Volcanique I.

2,3.4.2 Les coulées observées sont formées d'une lave quelquefois bulleuse. Elles ne sont pas bréchiques (alors que le matériel remanié contient des blocs de lave bréchique monogénique).

Les laves sont assez semblables à celles du Volcanique I bien que la pyrite soit moins abondante et que la couleur soit plus claire. Les phénocristaux sont rarement formés par les plagioclases mais l'augite et l'olivine sont fréquentes et bien développées.

2,3.5. LES MATÉRIAUX REMANIÉS.

Les matériaux remaniés forment la majeure partie du gisement aux alentours des Monts Ungin et Welrum. Ils recouvrent en outre en grosse partie les coulées de l'Est. Ils sont très altérés et ont été étudiés avec moins de soin que ceux du Volcanique I. En règle générale il semble que le matériel peu ou pas remanié soit beaucoup plus exceptionnel que dans la formation précédente.

2,3.6 RELATION ENTRE LES VOLCANIQUES I ET II.

Dans le Sud-Est du gisement du Volcanique II, la coulée citée recouvre en légère discordance le Volcanique I érodé en pénéplaine (fig. 4 déjà citée). Ce type de contact se retrouve assez souvent dans la région. Il est net quand une coulée du Volcanique I peut être suivie depuis assez longtemps et qu'elle est recouverte avec ses tufs associés par la coulée du Volcanique II.

Dans un affluent de la Dillon, deux séries superposées de matériel volcanique moyennement à très remanié, assez peu altérées par la latéritisation actuelle, la coupe étant relativement fraîche, sont séparées par une zone très rubéfiée, puissante de 3 m, qui semble bien être due à une latéritisation fossile. Il s'agit très probablement du contact Volcanique I - Volcanique II, ici horizontal, et apparemment concordant.

Les contacts entre les deux formations sont très souvent visibles mais offrent peu d'intérêt ; elles sont toutes deux pratiquement horizontales et offrent la même lithologie. Le contact a alors été tracé sur la carte géologique grâce au relief plus accusé du Volcanique II.

En conclusion, le Volcanique Ancien tardif est donc nettement postérieur au Volcanique I puisqu'une phase de latéritisation s'est intercalée entre les deux séries. Cet argument apparaît plus sûr que la discordance observée entre les deux formations, ce dernier phénomène n'étant pas aussi probant en terrain volcanique qu'en terrain sédimentaire. Cependant les ressemblances pétrographiques entre ces deux séries conduisent à les rapprocher. Par ailleurs, il ne faut pas s'exagérer le temps nécessaire à la latéritisation antérieure au Volcanique II : le matériel volcanique étant naturellement assez peu cohérent, il est rapidement rubéfié et latéritisé sous climat adéquat.

2,4 ALTÉRATION DU VOLCANIQUE ANCIEN.

L'altération du Volcanique Ancien est très poussée, aussi bien celle du Volcanique I que celle du Volcanique II. Le processus d'altération est un processus de latéritisation au sens large du mot. Les coupes altérées observées ont parfois une cinquantaine de mètres de puissance, mais 10 à 15 m est une épaisseur de terre latéritique courante dans les zones mal irriguées. La coupe générale observée est la suivante :

- grenaille de fer (traces),
- niveau rouge,
- niveau jaune plus pulvérulent avec traînées verticales argileuses blanches,

— niveau jaune avec blocs,

— roche altérée en boules à cœur sain se disloquant en pelure d'oignons.

L'analyse d'une terre latéritique sur le Volcanique I (échantillon en surface) donne :

SiO ₂	33,20 %	CaO	0,70 %	MnO	0,10 %
Al ₂ O ₃	24,60 %	Na ₂ O	0,10 %	H ₂ O ⁺	10,85 %
Fe ₂ O ₃	17,20 %	K ₂ O	0,05 %	H ₂ O ⁻	10,25 %
FeO	0,70 %	TiO ₂	0,80 %		
MgO	1,10 %	P ₂ O ₅	0,10 %		

Par rapport à la roche saine, on note une augmentation de Fe₂O₃ (FeO passant à Fe₂O₃), Al₂O₃, TiO₂ et une diminution de MgO, CaO, SiO₂.

L'examen des résultats aux rayons X donne, toujours sur des échantillons de surface : illite 70 à 80, kaolinite 20 à 30, goethite relativement abondante, traces d'oligiste. D'après G. MILLOT, ces matières argileuses sont plus riches en mica mal cristallisé qu'en kaolinite. Il s'agit donc plutôt de sols ferrugineux que de sols ferrallitiques (latéritiques au sens strict).

Les terres latéritiques sont remaniées par les eaux vadoses. Une partie se perd à la mer ; mais une autre s'accumule dans les points bas sous forme de terres argileuses rouges et d'argiles jaunes à rouges à galets.

2,5 ORIGINE DU VOLCANIQUE I.

Si les bouches d'émission du Volcanique II peuvent être recherchées dans la région du Mont Ungin, l'origine du Volcanique I reste par contre inconnue.

Si on tient compte des pendages observés dans le Nord-Ouest de l'île (Riv. Potiara-gou), dans le Sud-Est de l'île des affleurements de la Pointe des Traites et de l'île des Chèvres, il semblerait logique de penser que le Volcanique Ancien I ait été mis en place de l'Est vers l'Ouest. Cependant, comme il n'a été observé aucune variation d'épaisseur des coulées ni vers l'Est ni vers l'Ouest et que la tectonique a morcelé le Volcanique I, on ne peut se fier aux pendages des coulées pour déterminer l'origine de l'émission.

Les fonds marins restent à une profondeur voisine de 600 m pendant quelques kilomètres à l'Est de l'île (renseignement oral obtenu à la Marine Nationale-Nouméa), mais la bathymétrie n'est pas assez complète pour que l'on sache s'il existe ou non un relief immergé.

Si on admet que les matériaux très peu remaniés sont, en fait, des coulées à blocs désagrégées et remaniées sur place, il semblerait plus logique de penser que le Volcanique I a été mis en place par épanchement fissural. Il n'a été trouvé aucune trace de fissure ou de dyke dans le Volcanique I. Cependant la succession rapide d'émission par fissure, puis par un centre, n'étant pas classique, il est permis d'avancer l'hypothèse que le Mont Ungin doit se trouver sur la fissure du Volcanique I. Ce cas est assez fréquent, en Islande par exemple.

3 — LE VOLCANIQUE MOYEN

4,1 GENERALITES - SITUATION - EXTENSION.

Le Volcanique Moyen ou Volcanique III couvre une surface grossièrement circulaire, de 144 km², occupant le centre Nord de l'île et culminant au Mont William (alt. 810 m). Ce relief est creusé d'une dépression circulaire profonde de 400 m, de diamètre de 2 km à la base. La crête, approximativement circulaire, a un diamètre de 6 km et elle est ouverte à l'Est par une profonde entaille qu'emprunte la rivière Potnuma.

La latéritisation est moins poussée que sur le Volcanique I et II. Les affleurements ne sont pas plus nombreux pourtant que dans le Volcanique Ancien. La grande pluviosité

locale et le développement d'une végétation très dense rendent les observations très difficiles. Le sous-bois est formé d'arbustes, dont de superbes fougères, poussant sur un faux sol perché à 1 ou 2 m sur des branches et des troncs d'arbres en voie de décomposition. Les rivières, cependant, offrent en général de belles coupes de la formation dans leur cours moyen. La rivière Ponamlas, au Nord, permet d'étudier la zone extérieure de l'appareil éruptif. La rivière Potnuma, à l'Est, pénètre dans la cavité centrale.

3,2 APPAREIL ÉRUPTIF.

L'ensemble du gisement de Volcanique III est formé par l'appareil éruptif. Extérieurement, il se présente comme un cône mixte formé d'une superposition de débris dans laquelle s'insèrent quelques coulées. Intérieurement, le grand diamètre (5,5 à 6 km) de la cavité centrale, fait songer à une caldeira.

L'appareil éruptif est égueulé à l'Est. Cette ouverture est empruntée par la rivière Potnuma.

3,3 TYPES DE MATÉRIEL OBSERVÉ — SITUATION DE CE MATÉRIEL (fig. 6).

Le matériel volcanique, à aspect souvent bréchique, plus ou moins remanié, forme l'essentiel du Volcanique III. Les coulées sont rares mais il en existe au moins deux à la base et au sommet du cône. Le fond de la caldeira est occupé par une coulée horizontale rarement recouverte qui paraît être due à une émission tardive, postérieure à l'effondrement de la caldeira. Enfin des dykes assez nombreux traversent cette coulée ou s'alignent aux alentours de la crête circulaire.

3,4 LE MATÉRIEL REMANIÉ.

Il forme la majeure partie du Volcanique III en affleurement et en volume. Les différents types de dépôt observés sont les suivants :

- *Amas de cendres volcaniques grises* : ces cendres sont à vrai dire peu ou pas remaniées. Elles se trouvent hors de la limite de l'appareil éruptif en lits discontinus dans le Sédimentaire (cf. : Sédimentaire, Série Sédimentaire Ancienne).
- *Tufs volcaniques très fins, indurés, peu consolidés* : ce type de dépôt est également peu remanié. La granulométrie est fine et homogène et de la calcite participe très souvent au ciment, englobant des débris de verre, de pyroxène, de plagioclase, de magnétite.

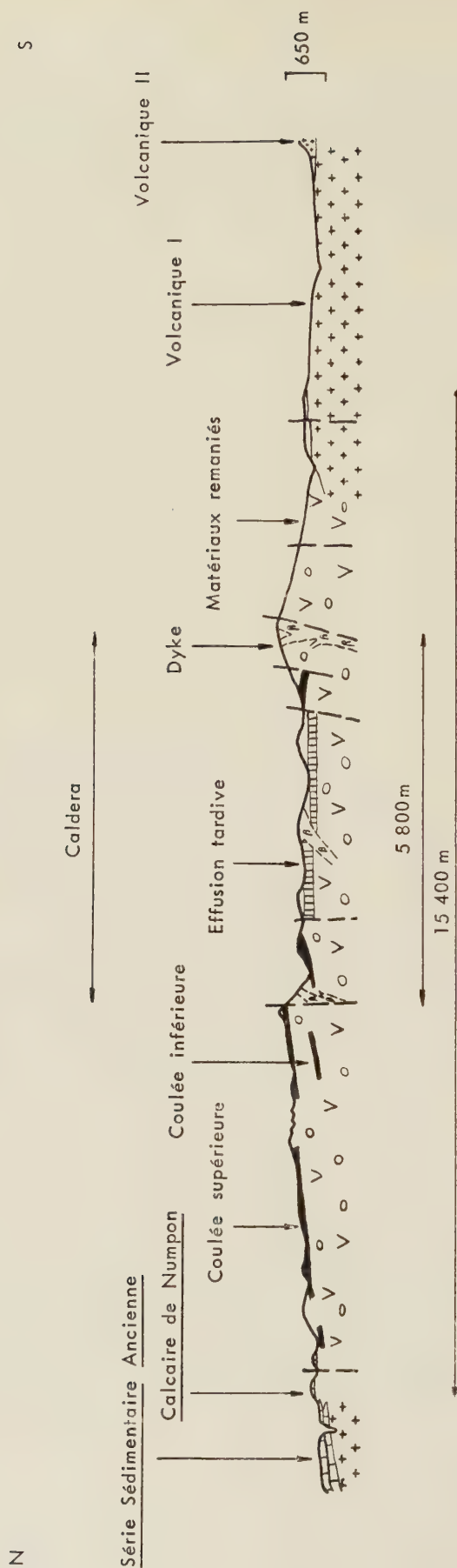
Ces tufs se trouvent essentiellement au Nord de la formation, intercalés dans le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne.

- *Matériel peu remanié à aspect bréchique* : ce type de matériel est le plus courant dans la formation. La roche ne présente pas de litage cohérent. Le pseudo-ciment est formé de débris de verre, de ferro-magnésiens, de plagioclases. Il englobe des lapillis et des blocs non arrondis de lave (bréchique ou non, bulleuse ou non). La taille de ces blocs varie d'un décimètre cube à quelques mètres cubes. Les blocs d'environ 1/2 mètre cube sont courants.

Ce matériel est accumulé en couches superposées dont la stratification est très irrégulière tout en gardant un faciès entrecroisé. Les coupes montrant des puissances totales supérieures à 100 m, sont courantes dans les rivières du Nord de l'île.

- *Matériel très remanié à aspect conglomératique* : ce type de matériel n'a été observé que dans le fond de la dépression centrale où il recouvre quelquefois la coulée horizontale. Il est d'origine fluvio-volcanique. Le litage est net dans les éléments fins. L'ensemble a l'aspect d'une boue consolidée formée à partir d'éléments empruntés au pseudo-ciment du matériel peu remanié, englobant des blocs arrondis, mal calibrés de laves polygéniques.

VOLCANIQUE III



COUPE INTERPRETATIVE NORD-SUD. RELATIONS AVEC LES FORMATIONS VOISINES

FIG. 6

3,5 LES COULÉES.

Les coulées repérées sont au nombre de deux, à la base et au sommet du cône. Leur extension est faible (2 à 4 km) puisqu'elles ne sortent pas de l'appareil éruptif.

3,5.1 LA COULÉE INFÉRIEURE : elle a été repérée dans la rivière Ponamlas exclusivement. Sa direction serait donc N.NW et sa largeur inférieure à 2 km. Sa puissance totale est inconnue car la rivière ne l'entaille jamais jusqu'à sa base. Des considérations sur le relief et les rejets des failles la décalant permettent de penser que l'épaisseur recherchée est de l'ordre de vingt mètres à 4 km du centre de la caldeira.

La lave est souvent bulleuse et toujours bréchique (blocs repris par la lave différents par leur couleur et leur compacité mais de même nature pétrographique). Sa couleur est grise à rouge, la teinte lie-de-vin est assez caractéristique. Les phénocristaux observés sont essentiellement des plagioclases et des pyroxènes. L'olivine semble plus rare. La pyrite est abondante (voir observations en laboratoire).

3,5.2 LA COULÉE SUPÉRIEURE : elle affleure dans les couches supérieures du cône volcanique. Son observation est très sporadique car elle est décalée par les failles et recouverte de matériel remanié. On retrouve une coulée supérieure dans la haute Ponamlas, la haute Ponalvat, le flanc est et le flanc sud du cône. Il ne s'agit très probablement pas toujours de la même coulée mais ces différents affleurements sont sensiblement placés dans la même zone supérieure du cône et ont les mêmes caractéristiques.

La puissance de la coulée varie de 1 à 5 m. La lave est homogène, quelquefois bulleuse (la coulée étant elle-même quelquefois scoriacée). La couleur de la lave est gris clair à gris foncé. Les phénocristaux sont essentiellement des plagioclases. La pyrite est rare.

3,5.3 L'EFFUSION TARDIVE : il s'agit d'une coulée horizontale, de puissance inconnue, ayant comblé en partie le fond de la caldeira. Son extension est assez limitée, elle n'affleure pas dans la partie égueulée du cône de débris ni hors de celui-ci. La lave est très rarement bulleuse. Elle est assez semblable à celle de la coulée supérieure mais sa couleur est plus foncée.

3,5.4 LES DYKES : ceux-ci ont été découverts par étude photogéologique. Les principaux dykes se trouvent sur le versant extérieur est de l'appareil éruptif et le long de certaines failles qui limitent la cavité centrale. Certains dykes ont été retrouvés au fond de la caldeira. Ils traversent l'effusion tardive.

La lave est gris clair. Elle se caractérise par des vésicules colmatées de zéolithes.

3,6 RELATIONS ENTRE LE VOLCANIQUE III ET LES FORMATIONS AVOISINANTES.

Elles sont schématisées dans la coupe en fig. 6.

3,6.1 Le contact Volcanique III - Volcanique I se fait souvent par failles, le panneau du Volcanique III étant affaissé par rapport à celui du Volcanique I. Ailleurs, le Volcanique III recouvre le Volcanique I. Sur le terrain le contact est souvent masqué par les terres latéritiques amassées à la rupture de pente. Les matériaux remaniés du Volcanique III et du Volcanique I sont différents par leur aspect bréchique et conglomératique, mais l'altération superficielle est trop poussée pour que la limite soit nette.

3,6.2 Le contact Volcanique III - Sédimentaire est beaucoup plus net. Le Volcanique III est interstratifié dans la zone supérieure de la Série Sédimentaire Ancienne et recouvre par le « Dépôt de Ponalvat ». Ce point sera développé dans le chapitre « Sédimentaire ».

4 — LE VOLCANIQUE RÉCENT

4,1 GÉNÉRALITÉS - SITUATION - EXTENSION.

Le Volcanique Récent ou Volcanique IV couvre une superficie de 24,5 km². Il est localisé dans l'Est de l'île où il forme la presqu'île s'avancant entre la Baie Polenia et la Baie Cook. Son relief est très accusé. Il culmine au Pic de la Selle avec une altitude de 720 à 850 m du rivage.

4,2 APPAREIL ÉRUPTIF.

L'ensemble du gisement ne forme qu'un cône d'éboulis allongé surmonté de petits cratères alignés Nord-Est-Sud-Ouest (Pic Raa, Pic de la Selle) dont le Pic Raa est le plus caractéristique (photo).

4,3 TYPE DE MATÉRIEL OBSERVÉ.

Aucune coulée en place n'a été découverte. L'ensemble du Volcanique IV est formé d'un matériel remanié à très remanié, englobant des blocs de lave de cristallinité différente (laves gris clair, compactes, à phénocristaux) abondants de plagioclases-laves gris foncé, bulleuses, ne présentant pratiquement pas de phénocristaux. Nous considérons que ce sont des projections.

4,4 RELATIONS ENTRE LE VOLCANIQUE IV ET LES AUTRES FORMATIONS.

Vers la Pointe des Traités, le Volcanique IV recouvre le Volcanique I latéritisé, le contact se faisant le plus souvent par faille.

A l'Ouest, le Volcanique IV recouvre la formation de Numpon. Il est recouvert en bordure de côte par les calcaires de Melvé-Imponkor (cf. § « Sédimentaire »).

5 — ÉTUDES DE LABORATOIRE

Les lames minces ont été exécutées à la Faculté des Sciences de Montpellier et au BRGM (Paris, Nouméa). Elles ont été examinées, à l'occasion des travaux antérieurs et lors de cette étude, par M. RÉMY, de l'Université de Montpellier, et MM. AUTRAN et SAGATZKY, du BRGM de Paris.

Différentes difficultés nous ont contraint de réduire les analyses chimiques au minimum. Elles ont été exécutées au laboratoire de géologie de l'Université de Clermont-Ferrand.

Les observations et les résultats de ces chercheurs sont repris et interprétés dans la suite du chapitre.

5,1 LAMES MINCES - PÉTROGRAPHIE.

Les laves des quatre activités sont des basaltes et des basaltes andésitiques. La composition minéralogique est homogène et on observe les minéraux suivants :

5,1.1 PHÉNOCRISTAUX.

5,1.1.1 *Plagioclases* : Ils sont zonés. On y distingue un centre composé de deux bandes et une enveloppe formée, en moyenne, de dix bandes étroites. Ces deux parties ont, en lame mince, une importance égale. Une bordure forme un liséré dont la partie extérieure, frangée, pénètre entre les microlites, cristolites, grains ou granules du fond. Les deux limites entre cœur, enveloppe et liséré externe sont parfois soulignées par des inclusions de pyroxènes et de minéral opaque.

La teneur en anorthite varie de la façon suivante :

ZONES	FORMATION			
	Volc. I	Volc. II	Volc. III	Volc. IV
Centre	57-65 % An	45-56 % An	60-67 % An	60-70 % An
Enveloppe	35-57 % An	35-45 % An	50-60 % An	50-60 % An
Liséé	30 % An	30 % An	30 % An	30 % An

Les plagioclases sont maclés albite. Cette association est parfois reprise par la macle de Carlsbad. Les cristaux sont occasionnellement groupés en glomérules avec maclage en croix.

5,1.1.2 *Forstérite* : La composition du périclote varie avec la série volcanique étudiée et la position de l'échantillon dans la série : ce sont les roches du sommet de chaque série qui contiennent les minéraux les plus magnésiens. Pour les Volcaniques I, II et III, les teneurs extrêmes sont comprises entre 5 et 25 % de fayalite. Dans le Volcanique IV, le plus récent, elles atteignent 35 % de fayalite.

Les cristaux sont un peu zonés et montrent, entre centre et bordure, une variation de composition comprise entre 5 à 7 % de fayalite. On observe des transformations en iddingite et bowlingite.

5,1.1.3 *Clinopyroxène* : A la base des différentes venues volcaniques le clinopyroxène zoné présente une valeur de 2V positif comprise entre 30 et 42°.

Au sommet des venues les valeurs s'espacent entre 60 et 68°. La macle en sablier est fréquente.

5,1.2 MICROLITES.

5,1.2.1 *Plagioclases* : Ils sont zonés de façon progressive, le zonage en bandes n'apparaissant que dans les petits phénocristaux. La teneur en anorthite varie de 35 à 60 % An (les microlites très fins n'ont pu être déterminés que sur les sections parallèles à 010).

5,1.2.2 *Forstérite* : Sa teneur a la même valeur que dans les phénocristaux. Le minéral est absent dans certaines zones.

5,1.2.3 *Clinopyroxène* : Il est zoné et maclé en sablier. Sa composition est la même dans les microlites et les phénocristaux.

5,1.2.4 Minéral opaque magnétique.

5,1.2.5 Accessoirement dans certains échantillons : verre brun d'indice inférieur à celui du baume et verre incolore d'indice inférieur à celui du baume.

5,1.3 Enfin, du point de vue textural, on doit noter dans un certain nombre de roches la présence de petites accumulations de pyroxènes et de périclotes du deuxième temps de cristallisation. Ces accumulations sont en forme de nodule dont la forme est différente des agglomérats dus à l'écoulement.

5,2 ANALYSES CHIMIQUES.

Huit échantillons représentatifs ont été sélectionnés dans les différentes venues volcaniques :

- BLE. 59.119 Terre ferrallitique prélevée sur Volcanique I à Baie Elisabeth.
62.60 Volcanique I. Baie Elisabeth.
62.28 Volcanique I. Rivière Melve (Sud-Est de l'île).
62.31 Volcanique II. Rivière Tankablongi.
62.157 Volcanique III. Coulée inférieure. Rivière Ponamlas.
62.156 Volcanique III. Coulée supérieure. Rivière Ponalvat.
62.155 Volcanique III. Effusion tardive. Rivière Potnuma.
62.135 Volcanique IV. Pointe Bédirua.

En figures 7, 8 et 9 se trouvent les résultats des analyses chimiques (en nombre d'atomes), un diagramme triangulaire sur les groupes ($\text{Fe}^{\text{II}} + \text{Fe}^{\text{III}} + \text{Mn}$, $\text{Na} + \text{K}, \text{Mg}$) et (K , Na , Ca) et un diagramme interprétatif des éléments caractéristiques des laves de chaque série volcanique.

5,2.1 INTERPRÉTATION.

Il serait téméraire de tirer une loi générale de huit analyses chimiques ; cependant il est possible de faire certaines remarques.

5,2.1.1 Evolution entre chaque début de phase volcanique :

Sur le diagramme triangulaire les points représentatifs (points 1, 4 et 7) sont alignés. Le pourcentage en atomes de chaque élément, dans chaque groupe de trois, varie donc linéairement et dans le même sens.

L'évolution générale du magma tend vers un déficit de plus en plus accusé en Si et Na-K et une augmentation des teneurs en Ca, Mg, Al, Fe.

5,2.1.2 Evolution secondaire à l'intérieur de chaque phase volcanique.

Les échantillons représentatifs du Volcanique III (points 4, 5, 6) peuvent être disposés sur la courbe en trait plein. Comme les échantillons représentatifs du Volcanique Ancien I sont voisins (points 1 et 2), il est tentant d'extrapoler pour le Volcanique I, II (points 1, 2, 3) une évolution semblable à celle du Volcanique III. Au cours d'une même phase volcanique le pourcentage en nombre d'atomes Mg passerait donc par un minimum et le pourcentage en nombre Ca par un maximum.

5,2.1.3 Interprétation de l'évolution des magmas.

La composition des laves émises au début des trois phases volcaniques est voisine. On peut donc considérer que ces laves dérivent du même magma primaire.

La composition des laves émises au début des trois phases volcaniques admet cependant une légère évolution marquée par un accroissement de Ca, Fe, Mg et une diminution de Si, Na, K. Cette évolution s'effectue à l'inverse de la normale mais peut être rapprochée d'une différenciation par accumulation.

L'évolution propre des laves de chaque phase volcanique s'effectue de telle façon qu'au cours de chaque phase les laves émises de plus en plus tardivement s'éloignent de plus en plus de la composition des laves émises au début de l'éruption. Cette évolution se produit par un accroissement de Ca, Fe, Mg et une diminution de Si, Na, K. Elle est donc aussi de type accumulatif.

Ce schéma impliquerait donc que les magmas correspondant à chacune des phases volcaniques se seraient séparés du magma primaire et que chacune de ces parties aurait évolué séparément.

FORMATIONS VOLCANIQUES

Analyses chimiques en nombre d'atomes

Ech Elément	59 119	6 260	6 228	6 231	62157	62156	62155	62135
Si O ₂	33,20	52,80	54,40	46,90	48,95	46,50	46,50	49,35
Al ₂ O ₃	24,60	18,10	18,0	13,85	19,25	20,30	16,85	19,30
Fe ₂ O ₃	17,20	7,05	5,20	4,30	5,50	5,75	6,0	6,15
Fe O	0,70	2,40	4,50	6,80	5 85	6,20	6,50	5,25
Mg O	1,70	2,40	3,95	13,25	4,70	4,75	7,40	5,35
CaO	0,70	9,70	7,20	12,45	10,15	12,15	13,20	11,45
Na ₂ O	0,1	3,25	3,10	1,35	2,80	1,85	2,0	2,5
K ₂ O	0,05	1,65	1,60	0,75	0,85	0,70	0,60	0,30
Ti O ₂	0,80	0,85	0,60	0,55	0,65	0,50	0,65	0,70
P ₂ O ₅	0,10	0,30	0,40	0,25	0,20	0,20	0,15	0,20
MnO	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,20	0,15

Figure 7 A

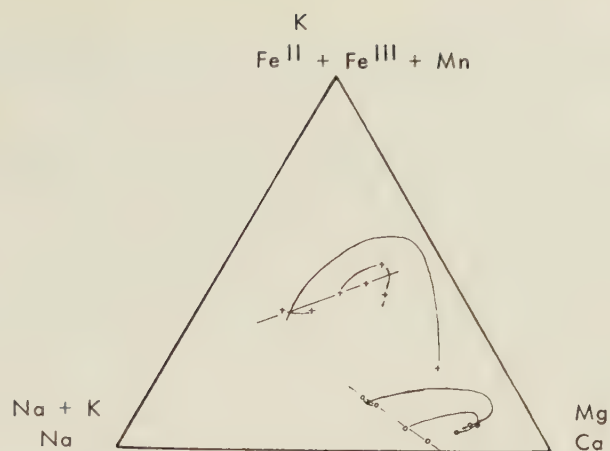
Analyses Orliac faites au
laboratoire de Clermond-Ferrand

FORMATIONS VOLCANIQUES

Analyses chimiques en nombre d'atomes

Ech Elément	59119	6260	6228	6231	62157	62156	62155	62135
Si	552	878	906	780	815	773	773	821
Al	482	355	353	272	377	398	331	378
Fe ^{III}	215	93,75	65,00	53,75	68,75	71,88	75,00	76,88
Fe ^{II}	9,70	33,36	62,55	94,40	81,30	86,08	90,25	72,98
Mg	42,50	60,00	98,75	331	117	119	185	134
Ca	12,50	173	129	222	182	217	236	204
Na	3,23	105	100	43,62	90,30	40,37	64,50	80,70
K	1,06	35,16	34,10	15,96	18,09	14,90	12,80	6,40
Ti	10,00	10,60	7,50	6,85	8,12	6,25	8,12	8,75
P	1,41	4,23	5,64	3,52	2,82	2,82	2,11	2,82
Mn	1,41	2,11	2,11	2,11	2,11	2,82	2,82	2,11

Figure 7 B



Diagrammes triangulaires sur les groupes

($\text{Fe}^{\text{II}} + \text{Fe}^{\text{III}} + \text{Mn}$, $\text{Na} + \text{K}$, Mg)

+ (K , Na , Ca) °

FIG. 8

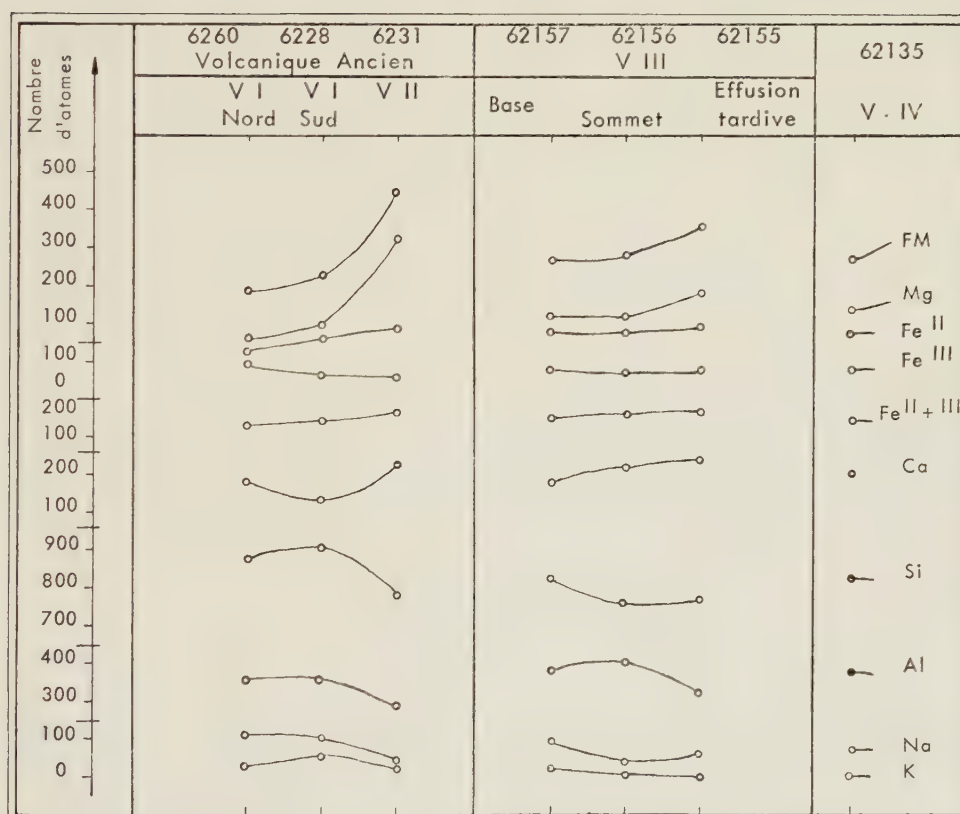


Diagramme interprétatif des éléments caractéristiques des laves de chaque série volcanique
(en nombre d'atomes)

FM = $\text{Fe}^{\text{II}} + \text{Fe}^{\text{III}} + \text{Mg} + \text{Mn}$

FIG. 9

5,3 CONCLUSION A L'ÉTUDE EN LABORATOIRE. CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTES LAVES.

5,3,1 VOLCANIQUE I : basalte andésitique.

Les laves sont à phénocristaux (plagioclase, forstérite, clinopyroxène). Ces phénocristaux sont de grande dimension ou au contraire assez petits. Le deuxième temps de cristallisation montre une belle fluidité qui paraît caractéristique de cette série.

Dans certaines laves s'observe un peu de verre brun, un peu altéré, d'indice inférieur au baume. Des zones allongées, plus claires, ont un aspect lithophysaire. Les microlites feldspathiques y sont plus gros, le pyroxène et le minéral opaque moins denses. Ces lithophyses contiennent un verre incolore d'indice très inférieur au baume (analcyme?).

Ce sont ces roches qui, à l'analyse, contiennent le moins de fer et de magnésium.

5,3,2 VOLCANIQUE II : basaltes.

Les phénocristaux des laves étudiées sont formés essentiellement de forstérite et de clinopyroxène ; le plagioclase peut même être absent. Les microlites (plagioclase, clinopyroxène, forstérite, minéral opaque) ont une dimension plus conséquente que ceux du Volcanique I. Les laves montrent une cristallinité plus développée.

La présence de forstérite en microlite, plus que la variation de teneur en fayalite, peut expliquer l'augmentation de teneur en magnésium de ces roches. Le clinopyroxène dont l'angle 2V est élevé marque un enrichissement en calcium.

5,3,3 VOLCANIQUE III : basalte et basalte doléritique.

A la base de la série les laves sont caractérisées par des phénocristaux de plagioclase et de forstérite, des microlites de plagioclases, de clinopyroxène et de forstérite, des grains de même nature, des granules de minéral opaque.

Au sommet de la série le clinopyroxène apparaît couramment dans les phénocristaux et le fond montre une cristallinité plus développée.

L'effusion tardive est minéralogiquement identique. Les minéraux cœnétiques sont cependant plus abondants et la structure est un peu doléritique.

5,3,4 VOLCANIQUE IV.

Les phénocristaux de plagioclase sont les plus calciques de la série (70 % An) ; ils montrent une enveloppe moyenne moins finement zonée ; ils sont plus abondants que dans les autres roches. Les autres phénocristaux sont formés de forstérite et de clinopyroxène. Les microlites sont formés de plagioclase et de clinopyroxène, les granules de minéral opaque. Un peu de verre brun (indice inférieur au baume) s'observe par ailleurs.

6 — CONCLUSION

Plus des deux tiers de la surface d'Erromango sont couverts par les formations volcaniques. Quatre phases d'activité successives ont été distinguées.

Le Volcanique I constitue le substratum le plus inférieur connu à Erromango. Il se caractérise par ses coulées franches, ses coulées à blocs et son matériel remanié à aspect conglomératique interstratifié entre les coulées.

Le Volcanique II, phase tardive du Volcanique I, est essentiellement formé de matériel peu à très remanié. Trois grandes coulées superposées s'étendent cependant vers l'Est de l'île.

Le Volcanique III forme une individualité au centre Nord d'Erromango. Le matériel remanié à aspect bréchique caractérise cette phase d'activité. Une coulée bréchique inférieure, une coulée homogène supérieure, une effusion tardive épanchée dans la caldeira, des dykes périphériques injectés dans l'appareil éruptif représentent les seules laves observées.

Le Volcanique IV est localisé dans la presqu'île est. Aucune coulée n'a été observée.

Les études en laboratoire, lames minces et analyses chimiques, montrent un matériel homogène : basalte à basalte andésitique. Une évolution légère du début des différentes phases volcaniques est caractérisée par un accroissement des teneurs en calcium, fer, magnésium et une diminution des teneurs en silicium, sodium, potassium. Une évolution au cours de chaque phase suit les mêmes caractéristiques. Cette évolution pourrait correspondre à une différenciation par accumulation.

Les caractéristiques pétrographiques principales des différentes phases sont les suivantes :

- Volcanique I : phénocristaux de taille variable (plagioclase, forstérite, clinopyroxène) ; fluidalité du second temps de cristallisation ; faible teneur en fer et magnésium.
- Volcanique II : phénocristaux de forstérite et clinopyroxène ; plagioclase dans les microlites essentiellement ; cristallinité des laves ; enrichissement en magnésium et en calcium.
- Volcanique III : coulée inférieure à phénocristaux de plagioclase et forstérite ; coulée supérieure à phénocristaux de plagioclase, forstérite, clinopyroxène ; effusion tardive à structure un peu doléritique.
- Volcanique IV : plagioclase plus calcique ; peu de forstérite dans les microlites.

CHAPITRE III

LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

1 — INTRODUCTION

Erromango est une île de faible superficie, 865 km², située dans un archipel volcanique. On ne peut donc s'attendre à y trouver de grands ensembles sédimentaires de type géosynclinal. Si l'on excepte les formations volcaniques qui ont été remaniées par voie sédimentaire et qui ont été traitées dans le chapitre « Les formations volcaniques », les dépôts d'origine marine, lagunaire et fluviatile couvrent un peu moins d'un tiers de l'île, environ 274 km².

Cet ensemble sédimentaire entoure l'île d'une ceinture formée d'un matériel organogène et détritique : anciens récifs frangeants, récifs barrière, lagons étroits colmatés. Les roches trouvées sont essentiellement des calcaires construits. Suivant les manifestations locales tectoniques et épéirogéniques, s'y intercalent des roches détritiques en provenance de l'île : conglomérats, tufs à ciment calcaire, dépôts argileux.

Les formations observées sont peu homogènes, les faciès varient très vite latéralement. S'il est possible de donner le faciès général d'un dépôt, il est par contre impossible d'en donner une coupe de détail représentative.

Un aperçu sur l'origine des différentes formations sédimentaires d'Erromango permet de juger dès maintenant des importances relatives de ces formations.

Un récif corallien, tantôt frangeant, tantôt barrière, s'est tout d'abord développé au cours d'une subsidence de 200 m. Les roches formées pendant cette période ont donné la « Série Sédimentaire Ancienne » et la « Série de Numpon ». Le colmatage des lagons étroits est à l'origine des « Dépôts de Rautor ». Des placages ultérieurs sur la Série Sédimentaire Ancienne ont constitué les « Dépôts argileux sur le gradin II » et les « Calcaires de Melvé Imponkor ».

Le plan de ce chapitre suivra cet aperçu des différentes formations sédimentaires. Il sera le suivant :

- 1 Introduction.
- 2 Le Récif Ancien.
 - 2,1 Série Sédimentaire Ancienne.
 - 2,2 Série de Numpon.

- 3 Les dépôts de lagon - Dépôts de Rautor.
- 4 Les placages ultérieurs sur le récif ancien.
 - 4,1 Dépôts argileux sur le gradin II.
 - 4,2 Calcaires de Melvé Imponkor.
- 5 Les dépôts de terrasses fluviales.
 - 5,1 Formation de Ponalvat.
 - 5,2 Autres terrasses fluviales.
- 6 Les formations côtières actuelles.
- 7 Conclusion.

2 — LE RÉCIF ANCIEN

Le Récif Ancien représente le premier dépôt non volcanique d'extension importante connu sur Erromango. Il ne s'agit cependant pas de la première manifestation corallienne : des coraux isolés sont connus à la fin de la phase Volcanique I. Ils sont englobés dans les tufs remaniés côtiers.

Le Récif Ancien s'est édifié sur les Volcaniques Anciens I et II. L'île était alors dans une période de subsidence et le caractère transgressif du dépôt est accusé là où le relief l'a permis. Au début de la subsidence l'érosion intense de l'île amenait des matériaux terrigènes qui se sont déposés sur le récif frangeant mais peu sur le récif barrière (quand il existait). La vie corallienne n'a pourtant jamais été totalement arrêtée par ces dépôts, mais elle a pu l'être très localement. La subsidence de l'île s'est faite en deux temps, séparés par une émergence ou tout au moins un arrêt généralisé de la vie corallienne. Deux séries sédimentaires correspondent à ces périodes :

- la Série Sédimentaire Ancienne,
- la Série de Numpon.

La série de Numpon, lorsqu'elle n'a pas été détruite par l'érosion, recouvre la Série Sédimentaire Ancienne. Comme les faciès de ces deux formations sont très voisins, elles ont été groupées lors de la cartographie sous le nom de Récif Ancien.

Actuellement le Récif Ancien ceinture toute l'île, la presqu'île du Pic de la Selle mise à part. Il couvre 230 km² environ : 84 % de la superficie totale du Sédimentaire.

2,1 LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

La Série Sédimentaire Ancienne a été étudiée en détail pour la première fois à Raouisse où un indice de manganèse était connu au mur de la formation. Baptisée localement « Série de Raouisse » lors de l'étude métallogénique, elle forme, en réalité, avec des faciès divers, l'essentiel du Sédimentaire connu à Erromango.

2,1,1 DIVERS FACIÈS DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

Ces faciès seront sommairement exposés en partant de Raouisse et en contournant l'île dans le sens trigonométrique.

2,1,1.1 Raouisse (fig. 10). La série comprend trois faciès principaux :

- Base détritique : tuf à ciment calcaire (1), remanié, englobant des coraux et des niveaux lenticulaires finement conglomératiques. Galets volcaniques répartis dans tout le niveau. Puissance : 0,5 à 10 m.

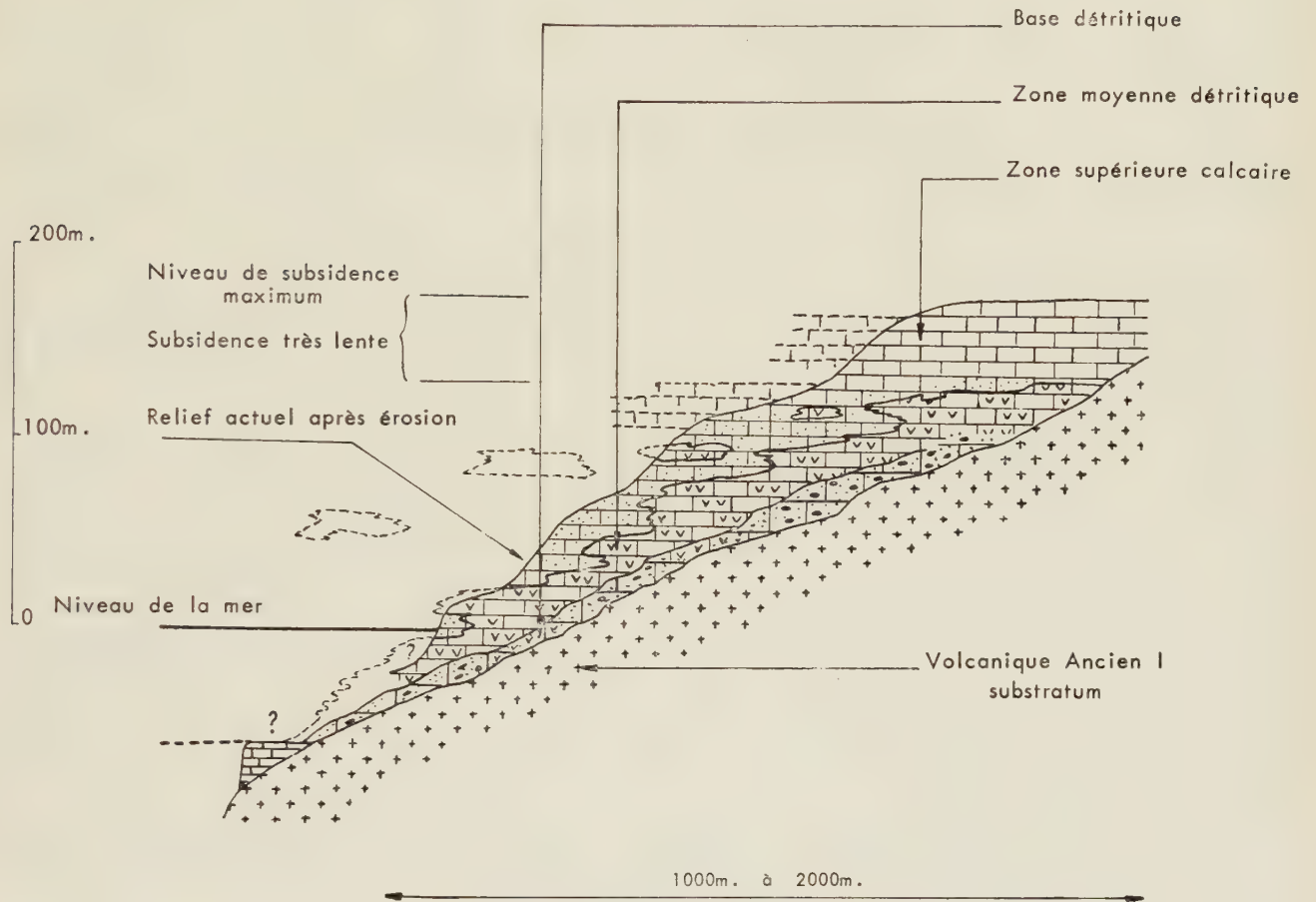
(1) Nomenclature choisie pour les roches sédimentaires.

Le terme de *tuf* a été réservé aux dépôts fins (arénites) formés exclusivement de matériel volcanique de texture et structure variées suivant leur mode de transport.

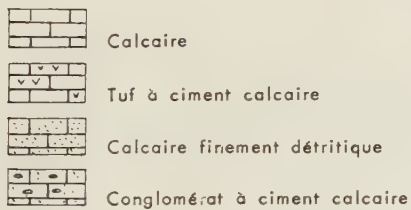
Si cet apport détritique terrigène a été cimenté par apport marin calcaire, la roche formée est appelée *tuf à ciment calcaire*. Par extrapolation un *calcaire tuffeux* est un calcaire construit englobant une notable proportion (10 % pour donner un ordre de grandeur) d'éléments détritiques volcaniques fins.

SERIE SEDIMENTAIRE ANCIENNE

FACIES DE LA FORMATION LORSQUE LE SUBSTRATUM
EST MOYENNEMENT A FORTEMENT INCLINE VERS LA MER



Coupe Ouest Est prise dans la région de Raouisse



NB = l'horizontalité des couches est rétablie. L'ensemble est surmonté de la série de Numpon.

FIG. 10

- Zone moyenne détritique : essentiellement formée de calcaires construits mais ces calcaires sont souvent tuffeux [(1) p. 38] et englobent des lentilles de tufs à ciment calcaire, de conglomérats, de sable de plage. Puissance : 150 m environ.
- Zone supérieure calcaire : elle est quasi exclusivement formée de calcaires coralliens francs et n'englobe que d'exceptionnelles lentilles tuffeuses et, au sommet, quelques intercalations de cendres volcaniques. La puissance varie de 0 à 60 m.

2,1.1.2 *Tanouaou - Potiagarou - Dillon* : la coupe générale est la même.

Cependant la base détritique est plus conglomératique que tuffeuse. Les éléments roulés du conglomérat sont toujours des galets du Volcanique Ancien.

2,1.1.3 *De Happyland au Sud d'Ifor* (fig. 11) : le faciès de la série change nettement.

- Le long de la côte l'aspect terrigène de la base de la formation et de sa zone moyenne a pratiquement disparu. La base est calcaire ; il s'agit exceptionnellement d'un calcaire englobant des galets volcaniques, voire d'un conglomérat (Immeus-Pilbarra). La zone moyenne comprend encore quelques niveaux tuffeux et d'exceptionnels conglomérats à petits galets volcaniques. La zone supérieure est franchement calcaire.
- En bordure du Volcanique I affleurent quelques rares édifications de calcaire construit englobant des lentilles tuffeuses et conglomératiques.
- Dans la portion médiane de cette coupe se trouve une formation essentiellement argileuse comprenant à la base quelques niveaux de galets et de sable. Ce dépôt s'est fait en général sur le substratum volcanique mais quelques édifications de calcaires construits pointent au travers de la formation.

2,1.1.4 *De Ifor à la Baie Polénia* (fig. 12) la Série Sédimentaire Ancienne est essentiellement calcaire. Les lentilles de calcaires tuffeux y sont exceptionnelles.

2,1.1.5 *De la Baie Polénia à la Pointe Nord* le caractère détritique de la base et de la zone moyenne de la Série Sédimentaire Ancienne réapparaît sous forme de tufs remaniés à ciment calcaire.

2,1.1.6 *De la Pointe Nord à la rivière Nalecri* la base de la Série n'affleure pas mais le caractère détritique de la zone moyenne s'affirme de plus en plus. La zone supérieure comprend des intercalations de cendres volcaniques et de tufs volcaniques remaniés en continuité directe avec le Volcanique III.

2,1.1.7 *De la rivière Nalecri à Raouisse* le faciès général est le même qu'à Raouisse, la base étant tantôt conglomératique, tantôt tuffeuse.

2,1.2 INTERPRÉTATION GÉNÉTIQUE DES DIVERS FACIÈS DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

La variation latérale des faciès caractéristiques de la formation et les variations tout aussi rapides à l'échelle de l'affleurement, s'expliquent assez bien si l'on fait intervenir les facteurs ayant régi la mise en place des dépôts :

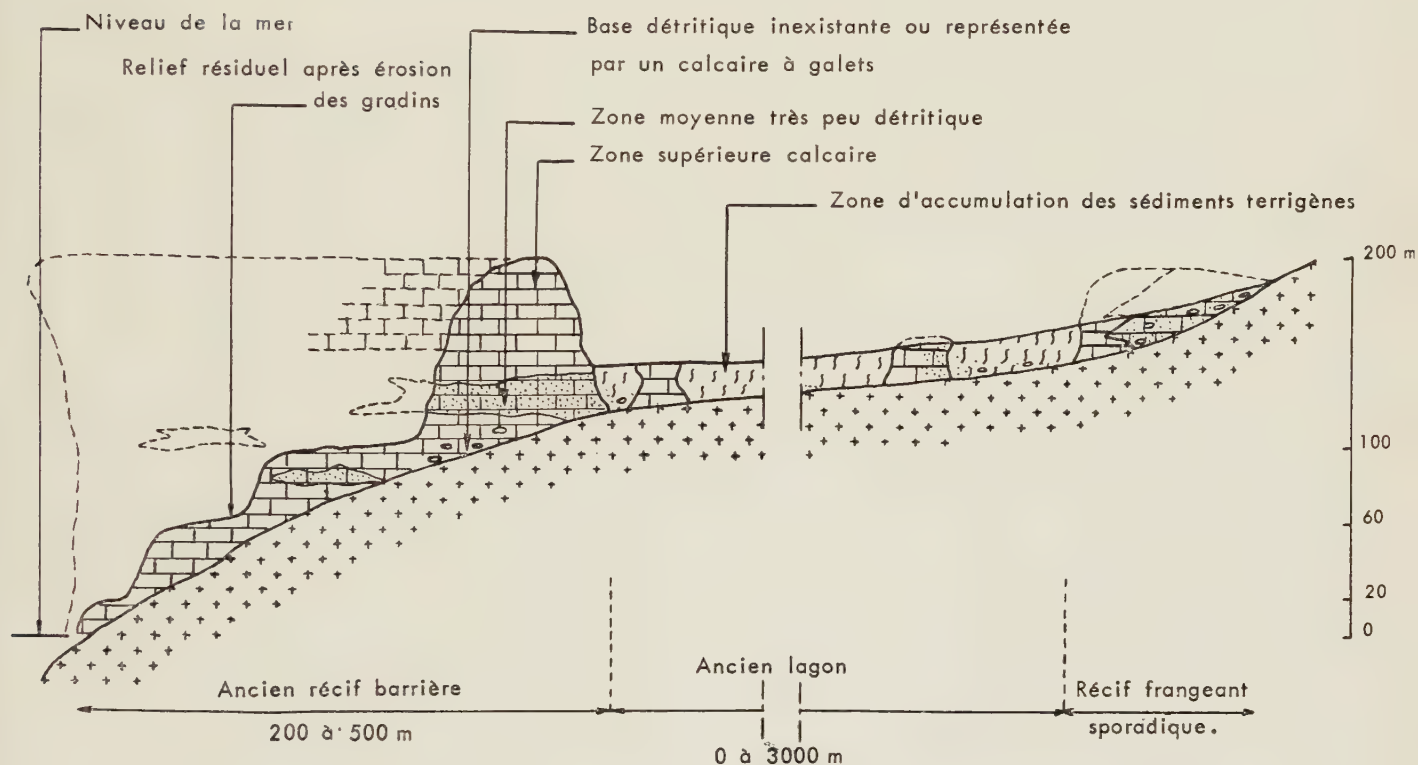
- vie récifale responsable de l'édification des calcaires construits,
- subsidence plus ou moins continue pendant la mise en place,
- apport détritique terrigène de plus en plus fin,
- présence et forme des pièges susceptibles de retenir les apports détritiques.

2,1.2.1 *La mise en place de la formation exige une subsidence lente d'environ 200 m.* En effet, la vie récifale ne se développe bien qu'à faible profondeur (un maximum de 50 m est généralement admis). La puissance totale connue de la Série Sédimentaire Ancienne est d'au moins 200 m. La subsidence nécessaire à son édification a donc dû atteindre au moins 150 m, près de 200 m plus probablement.

MISE EN PLACE DE LA SERIE SEDIMENTAIRE ANCIENNE

CAS D'UN SUBSTRATUM VOLCANIQUE QUASI HORIZONTAL.

EDIFICATION D'UN RECIF BARRIERE.



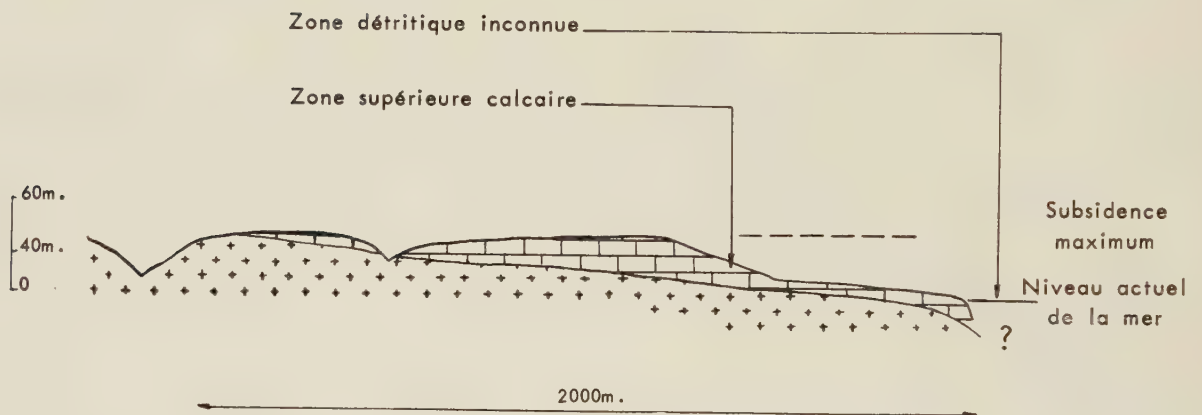
Coupe Ouest Est dans la région d'Immeus.

(la zone non représentée étant horizontale l'échelle des hauteurs reste valable pour l'ensemble de la coupe).

FIG. 11

SERIE SEDIMENTAIRE ANCIENNE

FACIES DE LA FORMATION LORSQUE LE SUBSTRATUM EST QUASI HORIZONTAL



Coupe Ouest Est prise à Melve

FIG. 12

L'édification du récif, s'il se présentait partout comme un récif frangeant horizontal, pourrait s'être faite lors d'une émergence de l'île par accollement de récifs successifs. Cette hypothèse est rejetée au départ, car :

- Le récif ancien, frangeant, de Raouisse a été tectonisé, penté vers la mer et est recouvert en discordance par un récif de même nature (Série de Numpon). La mise en place de la Série de Numpon exigerait alors un effondrement de l'île de 200 m postérieur à la Série Sédimentaire Ancienne, effondrement qu'il n'est pas nécessaire de faire intervenir si la Série Sédimentaire Ancienne s'est mise en place lors d'une subsidence.
- La diminution progressive de l'importance de la phase au fur et à mesure que l'on s'élève dans la Série Sédimentaire Ancienne suggère une subsidence plutôt qu'une émergence qui aurait entraîné un regain d'activité de l'érosion sur l'île.
- Le récif ancien d'Happyland - Pilbarra est un récif barrière.

2.1.2.2 *La phase terminale du dépôt a été caractérisée par l'arrêt des apports terrigènes.*

En effet, partout dans la Série Sédimentaire Ancienne la zone supérieure est calcaire. L'absence de caractère détritique implique que les apports terrigènes étaient extrêmement réduits et qu'un cycle d'érosion se terminait à cette époque.

Ce phénomène est naturel si l'île était dans une période de subsidence. L'érosion a dû être de moins en moins active au cours de cette période. Ceci se traduit par une granulométrie de plus en plus fine et une importance de plus en plus faible des sédiments terrigènes dans la Série Sédimentaire Ancienne. L'existence de congglomérats dans la zone moyenne implique d'ailleurs quelques regains d'activité de l'érosion, donc de légers exhaussements de l'île ou, tout au moins, une stabilisation du niveau.

2.1.2.3 *Il y a eu granulométrie décroissante des apports terrigènes de la terre vers la mer.*

Cette notion est liée à celle du relief du substratum volcanique. Dans le cas d'un substratum présentant une forte pente vers la mer le récif se développant normalement est un récif frangeant (fig. 10 déjà citée).

Les apports terrigènes auront peu subi de classification et se déposeront tous dans la zone récifale. C'est pourquoi, dans le Nord de l'île, de la Baie Polénia à la Baie Bunkel, le caractère détritique de la base et de la zone moyenne de la formation est aussi accusé.

Si, en revanche, le substratum volcanique était peu incliné, érodé en pénéplaine, très rapidement après le début de la subsidence, la principale édification corallienne se trouvera sous forme de récif barrière là où les eaux sont les plus agitées à la limite permise par les fonds de moins de cinquante mètres (fig. 11 déjà citée). Localement, des amas coralliens se sont édifiés simultanément sur les flancs du relief ennoyé. Leur importance a été très secondaire car les conditions nécessaires au bon développement des coraux n'étaient pas respectées (limpidité de l'eau, oxygénisation). Entre le récif barrière et le volcanique émergent se sera créé un lagon étroit. Les apports terrigènes en provenance du Volcanique Ancien ont sédimenté en partie dans ce lagon. Seuls les éléments les plus fins auront sporadiquement atteint le récif barrière. C'est pourquoi les calcaires observés dans cette région ont un caractère si peu détritique.

2.1.2.4 *Dans le Sud-Est de l'île, seule la zone supérieure de la Série Sédimentaire Ancienne est visible (fig. 12 déjà citée).*

Ici la Série Sédimentaire Ancienne est représentée par des calcaires coralliens francs reposant directement sur le volcanique pénéplanisé. La coupe figurée dans la figure citée a été prise entre les rivières Melvé et Poto. Elle figure en réalité la Série Sédimentaire Ancienne et la Série de Numpon, toutes deux calcaires et horizontales, indistinguables localement, groupées sous le nom de Récif Ancien. La puissance calcaire maximum observée est

de 30 m. Seuls les calcaires inférieurs peuvent être attribués à la Série Sédimentaire Ancienne. L'exhaussement de l'île après la mise en place du Récif Ancien est ici très faible (60 m sur la coupe, 20 m plus au Sud) et les faciès inférieurs de la Série Sédimentaire Ancienne sont inconnus. Plus au Nord, la Série à peu près complète réapparaît à la Baie Polénia ; les stades d'exhaussement intermédiaires s'observent dès la Baie Cook.

2,1.3 AGE DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

La formation est postérieure aux Volcaniques Anciens I et II sur lesquels elle repose. Sa zone supérieure comprend des intercalations de cendres volcaniques et de tufs volcaniques remaniés du Volcanique III. Elle lui est donc contemporaine.

Les calcaires et les tufs renferment une faune récifale non caractéristique : Polypiers, Oursins, Bryozoaires, Vers, Lamellibranches, Gastéropodes. Cette faune est en général brisée, quelquefois épigénisée par les oxydes de manganèse.

La microfaune, les Foraminifères en particulier, a été étudiée par Mme LE CALVEZ (B.R.G.M. - Paris) à qui avaient été confiés les échantillons représentatifs de trois coupes du Sédimentaire Ancien : sondage BBII à Raouisse, coupes à l'affleurement à Immeus et à Melvé. La microfaune est en mauvais état et très difficile à dégager ; elle n'est formée que par quelques espèces de Foraminifères (surtout *Amphistegina*, *Calcarina*, *Gypsina*, *Planorbulinella*) qui vivent encore dans les eaux chaudes et riches en calcaire avoisinant les récifs coralliens. Il n'est donc pas possible de distinguer des niveaux dans cet ensemble, qui du sommet à la base de la formation, est homogène et continu.

Madame LE CALVEZ souligne que la faune observée est apparue dans cette région du Pacifique durant le Pliocène alors que d'autres Foraminifères antérieurs subsistaient encore. Comme il n'y a pas de mélange de faune, il y a tout lieu de rapporter l'ensemble de la Série Sédimentaire Ancienne au Quaternaire, toutes réserves étant faites pour la base de la Série qui pourrait être de la fin du Pliocène.

A titre d'information les Foraminifères trouvés dans les carottes du sondage BBII Raouisse ont été les suivants :

FORAMINIFÈRES	SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE		
	Base	Zone moyenne	Zone supérieure
<i>Amphistegina lessoni</i> (d'Orbigny)	+	+	+
<i>Amphistegina</i> sp.	+	+	+
<i>Calcarina</i> sp.	+	+	+
<i>Cibicides advenum</i> (d'Orbigny)		+	
<i>Elphidium crispum</i> (Lin.)			+
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Reuss)	+		
<i>Gypsina globulus</i> (Reuss)	+	+	+
<i>Gypsina vesicularis</i> (P. et J.)		+	+
<i>Operculina granulosa</i> (Leymerie)		+	+
<i>Planorbulinella larvata</i> (P. et J.)		+	+
<i>Pyrgo</i> cf. <i>bradyi</i> (Schlumb.)		+	

2,2 LA SÉRIE DE NUMPON.

La Série de Numpon a été définie au Nord de Dillon où des calcaires orangés, durs, à cassure saccharoïde, recouvrent en discordance la Série Sédimentaire Ancienne. Elle a

été ensuite retrouvée avec certitude de la Baie Bunkel à la rivière Pontasepsep et avec une grande probabilité sur toute la Série Sédimentaire Ancienne de la côte est et de la côte sud-ouest.

2.2.1. DIVERS FACIÈS DE LA SÉRIE DE NUMPON.

Les faciès de la Série de Numpon, comme ceux de la Série Sédimentaire Ancienne, sont très variables latéralement et transversalement.

La roche caractéristique est un calcaire zoogène de couleur jaune à orangé, très dur, à cassure saccharoïde. Il présente de très nombreuses structures coralliennes et des débris d'animaux divers : Mollusques, Bryozoaires, Oursins, Vers, sclérites d'Alcyonaires, dents de Poissons. Ces débris sont souvent roulés ou encroûtés. La microfaune est représentée par :

Amphistegina lessoni (d'Orb.).

Amphistegina sp.

Amphistegina radiata (F. et M.).

Calcarina sp.

Discorbis sp.

Globigerina trilobus (Reuss).

Gypsina globulus (Reuss).

Planorbulinella larvata (P. et J.).

Pyrgo cf. *bradyi* (Schlum.).

Pyrgo cf. *dentata* (Brady).

Rotalia calcar (d'Orb.).

Textularia pseudorugosa (Lacroix).

Tretomphalus bulloides (d'Orb.).

Associés à ces calcaires se trouvent d'autres calcaires coralliens, des calcaires tuffeux, des formations de plage (sables noirs, sables coralliens, galets) et des intercalations de terres argileuses rouges à galets dont la fréquence augmente vers l'intérieur de l'île.

L'ensemble de la formation a une puissance variable de 0 à 50 m selon la position de la transgression et l'érosion. Une puissance de 20 m est représentative pour l'ensemble de l'île.

2.2.2 RÉPARTITION DES DIVERS FACIÈS DE LA SÉRIE DE NUMPON.

Dépendant des mêmes phénomènes, elle est sensiblement comparable à celle des faciès de la Série Sédimentaire Ancienne.

La coupe ci-contre donne le mode de répartition perpendiculairement à la côte (fig. 13).

Les faciès détritiques et argileux de la Série n'ont pu être distingués qu'entre les rivières Nalecri et Dillon. Dans cette région, la Série de Numpon est transgressive sur la Série Sédimentaire Ancienne pentée et sur le Volcanique I.

Lorsque la Série Sédimentaire Ancienne a été constituée par un ancien récif barrière, la Série de Numpon surmonte ce récif et est exclusivement calcaire. Un niveau à galets sépare quelquefois les deux séries qui, horizontales toutes deux, seraient indiscernables.

Sur la côte est, d'Ifor à Pontasepsep, il est probable que les derniers calcaires supérieurs affleurant appartiennent à la Série de Numpon (car il n'y a pas lieu de faire intervenir pour cette seule région une émergence alors que le reste de l'île était en subsidence) mais rien ne permet de l'affirmer sur le terrain. Si tel est le cas, les tufs remaniés du Volcanique IV recouvrent la Série de Numpon à l'Ouest du Pic de la Selle.

Enfin, au Nord, la Série de Numpon, essentiellement calcaire, est transgressive sur la Série Sédimentaire Ancienne et le Volcanique III. L'érosion postérieure a découpé des buttes témoins isolées sur le Volcanique III.

COUPE DE LA SERIE DE NUMPON

(Nord de Numpon)

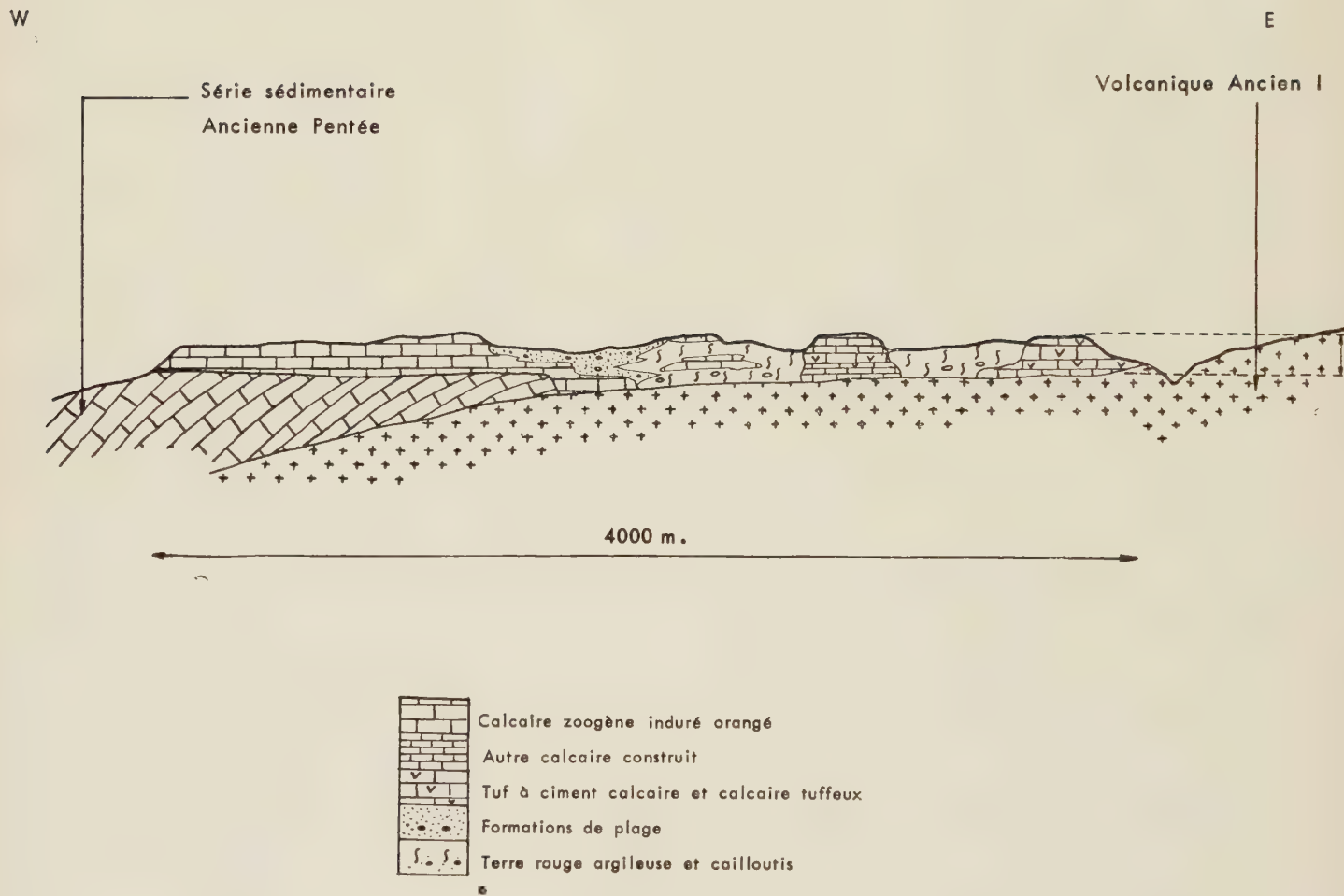


FIG. 13

2,2.3 AGE DE LA SÉRIE DE NUMPON.

Elle est quaternaire puisque postérieure à la Série Sédimentaire Ancienne.

Par rapport aux différentes venues volcaniques, elle se situe entre le Volcanique III qu'elle recouvre et le Volcanique IV qui la recouvre.

3 — FORMATION DE RAUTOR

Dans l'arrière-pays de Happyland, Baie du Sud, Immeus (Sud-Ouest de l'île), s'étend une zone au relief moutonné, en contrebas du Récif Ancien et des Volcaniques Anciens I et II. Cette zone occupe sensiblement l'emplacement de l'ancien lagon créé lors de l'édification du récif barrière. Son colmatage par des sédiments terrigènes a été baptisé « Formation de Rautor (lieu-dit au Nord-Est de Baie du Sud).

3,1 DIVERS FACIES DE LA FORMATION DE RAUTOR.

La base de la formation de Rautor est localement formée par une accumulation de galets volcaniques cimentés par une argile graveleuse. Ailleurs la formation est homogène. Il s'agit d'une argilite beige, moyennement consolidée. La roche indurée est diaclasée, elle englobe de rares petits lits de fins galets volcaniques altérés, des petits cristaux de gypse disséminés dans la masse et des concrétions pseudoolithiques rouille qui semblent être des oxydes de fer. L'ensemble atteint 30 m de puissance.

Le sommet de la formation (10 m environ) est beaucoup plus détritique. Il comprend deux niveaux de terre argileuse enrobant des galets volcaniques :

- iniveau jaune inférieur : galets très nombreux et assez gros (10 à 15 cm),
- niveau rouge supérieur : très argileux. Galets moins nombreux et souvent altérés.

3,2 AGE DE LA FORMATION.

Résultant du colmatage du lagon créé par le récif barrière ancien, cette formation est donc contemporaine de la Série Sédimentaire Ancienne et de la Série de Numpon, tout au moins pour la base et les argilites. Les deux niveaux à galets du sommet témoignent d'une sédimentation grossière, partant d'une phase d'érosion active assez incompatible avec cette période de subsidence. Il est donc plus probable qu'ils sont contemporains des mouvements épéirogéniques positifs terminaux.

4 — PLACAGES ULTÉRIEURS SUR LE RÉCIF ANCIEN

Après la mise en place de la Série de Numpon, l'île a subi une série de mouvements épéirogéniques positifs. Ces mouvements sont décrits dans le chapitre « Tectonique ». Dans le Sud-Ouest d'Erromango ces mouvements ont été particulièrement importants par leur conséquence : la création par érosion marine de quatre gradins côtiers, amorces de plates-formes littorales, pendant les périodes de stabilisation. C'est durant ces périodes de stabilisation du niveau de l'île que se sont mis en place des placages sur le Récif Ancien.

4,1 DÉPOTS ESSENTIELLEMENT ARGILEUX SUR LE GRADIN II.

Ces dépôts, peu importants en surface et en volume, sont étudiés en détail car un type de gîte de manganèse y est associé.

4,1.1 EMPLACEMENT : Entre Baie du Sud et Pilbarra le Récif Ancien est entaillé par une série de gradins horizontaux qui lui donnent un profil en marches d'escalier (voir § « Tectonique. Mouvements épéirogéniques »). Le gradin II est à peu près continu et respecté par l'érosion. Il se trouve à l'altitude moyenne de 100 m. Sa largeur varie entre 30 et 200 m. Il

est entaillé dans le Récif Ancien, quelquefois dans son substratum volcanique et recouvert d'un dépôt essentiellement argileux dont la puissance primitive atteignait environ quarante mètres.

4,1.2 DIVERS FACIÈS DU DÉPÔT.

Les divers faciès trouvés sont donnés par la coupe synthétique (fig. 14).

Le dépôt argileux commence par un horizon d'argile graveleuse englobant quelques galets volcaniques. Il est ensuite formé d'argile de couleur jaune dans la masse, rouge en surface. Quelques galets volcaniques sont répartis anarchiquement dans la masse de la formation, d'autres sont groupés en nids dans certaines zones restreintes (ex. Potnagnaï). Le passage graduel des argiles jaunes aux argiles rouges a été observé dans de nombreux puits de prospection. Il semble bien dû à une altération de surface qui, plus complète, conduit à une terre argileuse brune, puis à la terre superficielle de couleur brun foncé ou même noire.

Les éboulis anciens sont en général altérés et cimentés par l'argile. Ils proviennent de la falaise I.

Le substratum est toujours sain.

4,1.3 RECHERCHE DE L'ORIGINE DU DÉPÔT ARGILEUX.

Ont été retenues comme hypothèses possibles :

- altération sur place de la roche substratum,
- origine marine et sédimentation en milieu marin,
- épandage alluvial en provenance de l'île,
- dépôt fluvio-marin comblant un lagon ancien,
- dépôt marin sur le gradin de sédiments en provenance de l'île.

4,1.3.1 *Altération sur place de la roche substratum.*

Elle aurait pu se faire après émergence du gradin par décalcification du calcaire ou latéritisation. Les arguments suivants contribuent à faire abandonner cette hypothèse :

- pas de décalcification importante observée sur les autres calcaires de l'île,
- les dépôts argileux sont semblables sur substratum calcaire et sur substratum volcanique,
- la latéritisation étant un phénomène général, il est difficile d'admettre l'intervention locale de ce phénomène alors que les calcaires de la falaise sont sains.

4,1.3.2 *Origine marine lointaine et sédimentation en milieu marin.*

Les particules argileuses transportées par la mer proviennent des continents voisins. Les proportions des minéraux miment celles qui débouchent du continent. Dans le cas présent, les sédiments argileux du gradin étant de même nature que les terres d'altération du Volcanique I, il y a tout lieu d'exclure les apports lointains et d'admettre que le transport a été assez bref pour que le classement par taille et par nature de minéraux n'ait pas eu le temps de se faire.

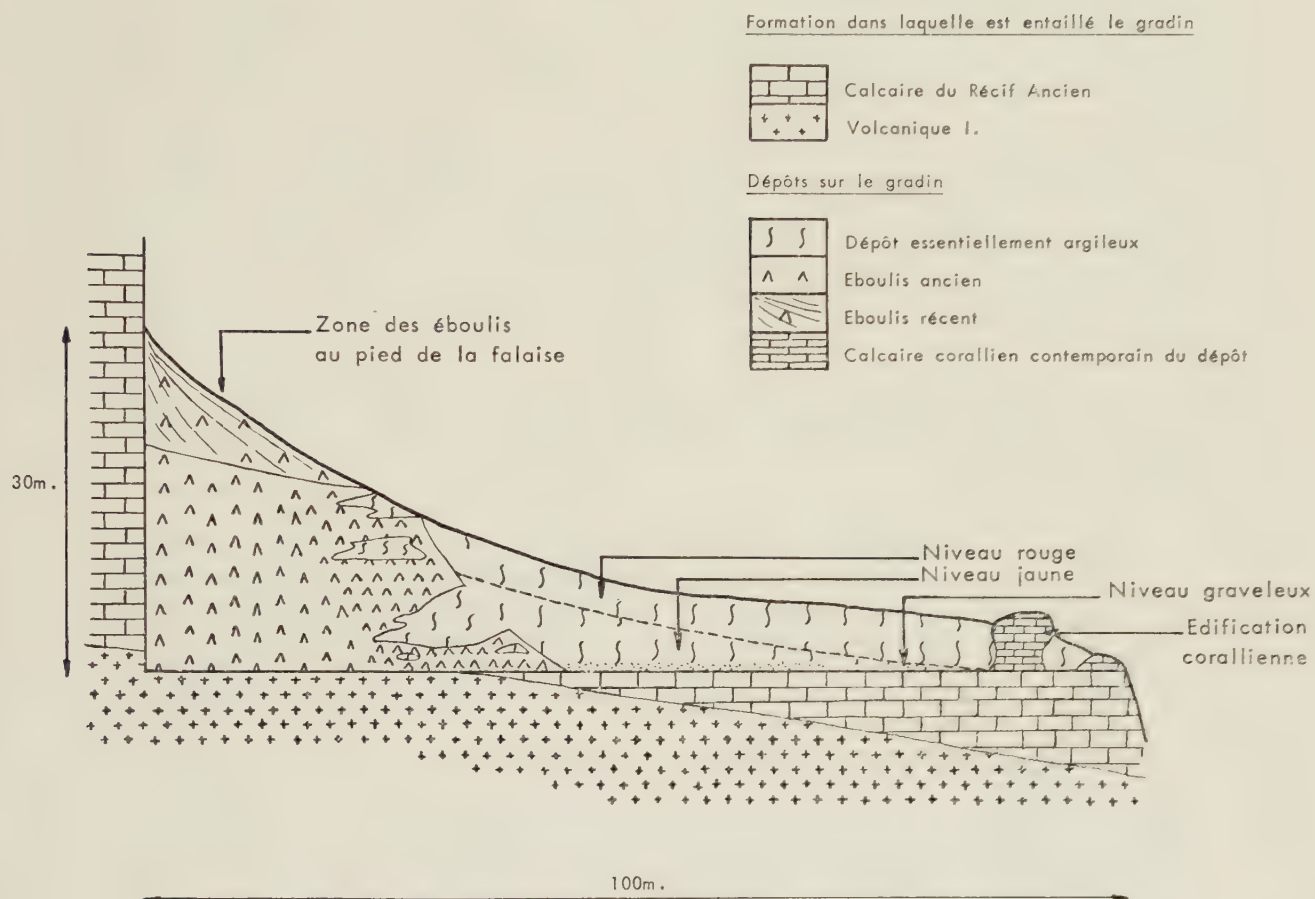
4,1.3.3 *Epandage alluvial ou éluvial en provenance de l'île.*

- Cette hypothèse nécessite un gradin émergé.
- Il est impossible qu'une rivière alluvionne sur un gradin aussi étroit sur une aussi longue distance. La longueur du gradin impliquerait une multitude de rivières.
- Si, par ailleurs, l'apport d'argile peut s'expliquer par suspension dans les eaux traversant la falaise I par circulation karstique, l'apport de gros galets volcaniques ne peut s'expliquer ainsi.

- Resterait l'hypothèse d'un débordement par-dessus la falaise I, mais :

DEPOTS ESSENTIELLEMENT ARGILEUX SUR LE GRADIN II

COUPE SCHEMATIQUE DES DEPOTS



NB : la proportion argile / éboulis est essentiellement variable.

La surface des calcaires du Relief Ancien est très irrégulière

FIG. 14

- il n'a jamais été trouvé de trace d'un dépôt sur le gradin I (galets volcaniques en particulier),
- cela impliquerait une érosion postérieure de la formation vers l'intérieur des terres, supérieure à 80 m, arrêtée à quelques mètres des argilites du dépôt de Rautor alors que, côté mer où les conditions sont plus favorables à l'érosion, le dépôt aurait été conservé.

4.1.3.4 *Dépôt fluvio-marin comblant un lagon ancien.*

— Une ou deux rivières importantes traversant la falaise I auraient débouché dans un milieu fermé, lagon par exemple. Les alluvions grossières se seraient déposées près de l'embouchure, les alluvions les plus fines seraient venues colmater peu à peu le restant du lagon.

— Cette hypothèse nécessite une légère subsidence de l'île après formation du gradin II.

— La présence d'un récif barrière expliquerait simplement l'équilibre de l'argile sur le gradin étroit, mais il n'a jamais été trouvé trace d'un récif barrière fossilisé. En admettant qu'il ait été érodé lors de la formation des gradins III et IV, on ne peut le reporter plus loin que l'actuel bord de mer : il n'y a pas de plate-forme littorale. Pratiquement les calcaires les plus anciens sont ceux sur lesquels sont plaqués les coraux actuels. Plus en mer il n'y a jamais eu de récif construit. Cette observation limite la largeur du lagon à 300, 400 m.

— Si la présence de galets roulés à South River s'explique par la proximité de la rivière, il est nécessaire de faire intervenir une seconde rivière dans le Sud pour expliquer les galets nombreux de Potnagnaï. Rien dans la morphologie actuelle ne traduit l'existence ancienne de cette rivière.

4.1.3.5. *Dépôt marin littoral, sur le gradin, de sédiments en provenance de l'île.*

— Cette hypothèse nécessite, outre l'existence d'un courant côtier N-S, une subsidence d'au moins 40 m après la création du gradin II (si l'on admet que le gradin côtier est créé au niveau de la mer, ce qui n'est pas toujours le cas). Ce phénomène est possible. Une entaille intermédiaire entre les gradins I et II au Sud de Ponangaï peut d'ailleurs être interprétée comme étant due à la stabilisation du niveau marin en fin de subsidence.

— Elle ne met pas en œuvre des agents disparus sans laisser de trace : rivières ou récif barrière.

— Elle n'exclut pas un apport d'argile en suspension dans les eaux traversant la falaise I karstique.

— Elle explique la répartition anarchique des galets volcaniques : ils ont été roulés, abandonnés et repris le long du gradin par les courants côtiers.

— Elle peut convenir aux conditions de dépôt des oxydes de manganèse (cf. § « Métallogénie »).

— Elle implique que les argiles se sont mises en place entre la falaise I et la falaise littorale contemporaine. Il est plus que probable que le dépôt original n'était pas horizontal mais avait adopté la pente maximale compatible avec l'équilibre du sédiment.

— Elle implique que l'émergence de l'île immédiatement postérieure ait été suffisamment rapide pour que la mer ne détruise pas le dépôt.

4.1.3.6 *Choix d'une hypothèse.*

La dernière hypothèse est la plus satisfaisante. Elle est d'ailleurs en partie confirmée par une étude de G. MILLOT sur six prélèvements de matériel argileux faits sur le gradin II et deux prélèvements de sols ferrugineux faits sur le Volcanique I.

Les huit prélèvements sont de même nature, sous forme d'échantillons argileux très mal cristallisés. Il s'agit de l'illite toujours dominante et de la kaolinite. A côté de ces deux

minéraux on peut voir la goethite en quantité relativement abondante et l'oligiste à l'état de traces.

Deux échantillons avaient été prélevés par ailleurs dans les sols ferrugineux sur Volcanique Ancien : ils ont une composition minéralogique semblable.

PRÉLÈVEMENTS		MINÉRAUX			
		Illite	Kaolinite	Gœthite	Oligiste
Sols ferrugineux	1	80	20	+	+
	2	70	30	+	.
Dépôt argileux du gradin II :					
Argile jaune.	3	70	30	+	+
	4	70	30	+	+
	5	70	30	+	+
Argile rouge	6	80	20	+	+
	7	80	20	+	+
Terre argileuse.	8	70	30	+	+

4.1.4. AGE DU DÉPÔT.

L'hypothèse d'un dépôt littoral sur le gradin II étant admise, l'ordre de mise en place des différents matériaux a été le suivant :

- éboulis anciens en bas de la falaise I,
- éboulis anciens et argiles plus ou moins détritiques,
- argiles,
- éboulis récents.

Par ailleurs, l'altération pédologique a créé un sol et l'argile est rubéfiée dans sa partie supérieure.

L'ensemble du dépôt se situe entre le premier et le second mouvement épéirogénique positif postérieur à la mise en place de la Série de Numpon.

La nécessité d'une subsidence de 40 m fait penser à un arrêt momentané de l'érosion active sur l'île. Le sommet du dépôt de Rautor comprend un niveau jaune inférieur très argileux. Il est possible que les dépôts du gradin II soient contemporains de ce dernier niveau dont la lithologie est assez comparable.

4.2 CALCAIRES DE MELVÉ-IMPONKOR.

Lors de l'exhaussement final de l'île les coraux ont édifié de petits récifs plaqués sur la Série Sédimentaire Ancienne. Comme les gradins côtiers correspondent à une stabilisation du niveau mer-terre, les récifs se sont plus particulièrement développés sur les gradins que sur les falaises.

En fait, ces récifs récents sont très sporadiques, soit qu'ils aient été érodés, soit qu'ils n'aient pu toujours s'édifier. Ils sont, en outre, difficilement discernables, car leur lithologie ne se distingue pas de celle de la roche substratum. C'est pourquoi ils n'ont

pas été cartographiés à l'exception des calcaires de Melvé-Imponkor qui recouvrent la basse terrasse sur la côte est de Pontasepsep à Ifor et se retrouvent sporadiquement ailleurs.

Ces calcaires se trouvent aux alentours de l'altitude de 4 m. Il est probable qu'ils sont contemporains du mouvement eustatique de 4 m signalé dans le Pacifique dans le courant du Quaternaire. Ils sont postérieurs au Volcanique IV qu'ils recouvrent partiellement.

5 — DÉPOTS DE TERRASSES FLUVIATILES

5,1 FORMATION DE PONALVAT.

Cette formation s'observe dans les rivières du Nord de l'île aux environs de l'altitude 50 m : rivière Nalecri à rivière Ponusia. Il s'agit d'une terrasse ancienne, dont la puissance peut atteindre 20 m à Ponalvat, qui est entaillée par la rivière actuelle.

La formation de Ponalvat est moyennement consolidée ; elle est formée d'un tuf volcanique remanié dans lequel on observe une classification des éléments détritiques : niveaux à galets, niveaux à minéraux. Le ciment est formé de débris arrachés aux tufs volcaniques du Volcanique III. Cette formation est très localement minéralisée en manganèse. Les dépôts argileux y sont inconnus

Elle est postérieure au Volcanique III sur lequel elle repose et à qui elle emprunte ses matériaux. Elle pourrait être contemporaine de la Série de Numpon mise en place lors de la dernière subsidence connue dans le Nord de l'île. Si elle était plus récente il faudrait faire intervenir, pour expliquer sa mise en place, des phénomènes invérifiés lors de l'observation de terrain : blocage tectonique de la rivière à quelques centaines de mètres de son embouchure, subsidence intermédiaire lors de l'émersion finale.

5,2 AUTRES TERRASSES FLUVIATILES.

A l'embouchure de la rivière Dillon s'observent trois terrasses aux altitudes de 2, 10 et 20 m. Ce phénomène est particulier et les rivières sont en général trop encaissées sur la côte ouest pour qu'une terrasse soit suffisamment conservée. Sur la côte est les estuaires sont ennoyés. Une seule terrasse est en général visible sur la plupart des cours d'eau.

6 — LES FORMATIONS COTIERES ACTUELLES

Elles sont très peu importantes. Il n'y a pas de plate-forme littorale autour d'Erromango. Les coraux se développent en bordure immédiate de l'île sauf dans la Baie Polénia et la Baie Cook où certains récifs s'avancent à 500 m en mer.

Les plages sont inexistantes ou presque en dehors des estuaires des rivières principales. Les plages d'estuaires sont formées de galets volcaniques. Leur niveau est souvent plus haut que celui de la rivière qui stagne derrière un cordon de cailloutis déplacé à chaque crue. Sur la côte est, dans la Baie Cook, la plage de galets comprend une notable proportion de sables noirs.

7 — CONCLUSION - RESUME

Les formations sédimentaires, calcaires récifaux et dépôts détritiques, se répartissent autour de l'île entre les altitudes 0 et 250 m. Leur mise en place a été essentiellement fonction de la vie récifale et de l'apport détritique terrigène, l'un et l'autre commandés par des mouvements épéirogéniques récents. Toutes ces formations sont quaternaires.

La roche la plus fréquente est le calcaire corallien. Lors du début des phases d'érosion, des amas de galets ont été apportés près du rivage. Ils se retrouvent incorporés

dans des calcaires à galets ou des conglomérats à ciment calcaire. Les éléments détritiques les plus fins ont sédimenté, cimentés par du calcaire, sous forme de tufs à ciment calcaire plus ou moins remaniés et de calcaires tuffeux. D'autres produits détritiques argileux, transportés par les torrents et les eaux vadoses, ont colmaté les dépressions entre le récif et le substratum volcanique. Certains sédiments argileux, véhiculés à la mer par les rivières, ont été repris par des courants côtiers et déposés sur le littoral.

Lors des deux subsidences qui se sont succédé après la mise en place du Volcanique II, le *Récif Ancien* s'est édifié en deux phases : *Série Sédimentaire Ancienne* et *Série de Numpon*. Il constitue la formation la plus importante du Sédimentaire d'Erromango tant par sa puissance que par son extension. Les lagons étroits allongés entre les récifs barrière éventuels et le socle volcanique ont été colmatés par les « *dépôts de Rautor* ».

Quatre mouvements épéirogéniques positifs ont ensuite soulevé l'île, le Récif Ancien étant finalement amené à l'altitude moyenne de 200 m. Pendant les stabilisations entre chaque mouvement se sont créés les gradins côtiers II, III et IV, puis mis en place de petits récifs secondaires discontinus et les « *dépôts argileux sur le gradin II* ». Les calcaires de *Melvé-Imponkor*, récifs très récents, se sont plaqués sur la terrasse de 4 m due à un mouvement eustatique.

Les terrasses fluviatiles anciennes sont représentées par la « *formation de Ponalvat* ». Les formations côtières actuelles sont négligeables : des coraux et de rares plages de galets.

CHAPITRE IV

TECTONIQUE ET GÉOMORPHOLOGIE

1 — INTRODUCTION

L'étude superficielle de la carte géologique comme, d'ailleurs, les résultats d'une première période de travail sur le terrain, suggèrent les caractères tectoniques suivants :

- absence de toute déformation plastique,
- présence de pendages en bordure de côte dans le Nord-Ouest de l'île,
- extrême densité de failles, toutes verticales,
- orientation de réseaux de faille mal définie,
- on note par ailleurs, la présence de gradins côtiers sur la côte ouest, en particulier dans le Sud-Ouest.

En fait, quelques détails sur les observations de terrain, l'interprétation des photos aériennes, le mode de cartographie et une étude sur les relations orogénie-volcanisme permettent de dégager un certain ordre dans ces caractères apparemment anarchiques. Les paragraphes qui suivent exposent ces observations et interprétations dans l'ordre suivant :

- Observations sur le terrain.
- Observation sur photos aériennes.
- Mode de cartographie.
- Interprétation.

En fin de chapitre, une conclusion résume les résultats et les hypothèses retenues.

2 — OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN

2.1 CONDITIONS D'OBSERVATION.

Il est utile de rappeler certaines conditions de travail. Elles ont en commun d'avoir souvent imposé un caractère local aux observations de terrain.

— La végétation : toute terre, si peu fertile qu'elle soit, est recouverte par une végétation dense. Les affleurements sont discontinus et la corrélation de deux accidents, même voisins, est rendue impossible la plupart du temps.

— La latéritisation : elle atteint plusieurs dizaines de mètres dans les Volcaniques Anciens I et II (Région de Navwolu et d'Ungin-Welrum). Les failles sont masquées en surface. Dans ce cas, seules les rivières permettent quelques observations.

— Dans les zones calcaires, les cours d'eau, même importants, ne mettent à jour que des affleurements rares et restreints, sauf très près de l'embouchure. Les seules observations valables sont alors faites dans les falaises (gorges ou falaises côtières) où la végétation rend très difficile le repérage précis.

— L'absence de carte en courbes de niveau imposait l'emploi de l'altimètre dont les réactions aux variations de pression atmosphérique fréquentes ôtaient toute valeur aux observations s'étalant sur une journée.

2.2 LES FAILLES.

2.2.1 En terrain volcanique ancien les failles marquantes observées se groupent autour des directions NE-SW, N-S, NW-SE (par ordre de fréquence).

La direction NE-SW a surtout été observée au Nord-Est de la Baie Elisabeth, dans le cours supérieur des rivières Efel et Ponternel, dans le Sud de l'île. Au Nord-Est de la Baie Elisabeth les accidents mettent en contact anormal des coulées et des tufs volcaniques. Les rivières relativement peu encaissées n'offrent pas de coupes favorables et il a été impossible de noter le rejet ni de déterminer avec certitude le compartiment effondré. Il est cependant probable que les compartiments effondrés soient ceux faisant face à la mer et que les rejets soient faibles : moins de 30 m.

Dans les rivières Efel et Ponternel les rejets sont plus forts, supérieurs en deux points à 50 m et les compartiments effondrés en général vers le Nord de la faille.

Dans le Sud de l'île, le peu de relief permet de faire des corrélations entre plusieurs affleurements et certaines failles ont pu être retrouvées sur plusieurs kilomètres. Les accidents s'observent surtout dans les coulées en léger relief. Le rejet est toujours faible : 1 à 10 m et, vu la continuité des coulées et la topographie, il est probable que l'ensemble des rejets est approximativement compensateur.

La direction N-S a peu été observée dans le Nord de l'île. Elle se déduit plutôt de contacts anormaux tels les failles séparant Volcanique Moyen et Volcanique Ancien. Dans le Sud les failles N-S sont groupées en quatre faisceaux. Leurs rejets sont faibles (faille de Potnagnaï exceptée) et compensateurs.

2.2.2 En terrain Volcanique Moyen, de très nombreuses failles ont été observées, mais elles n'apportent que des renseignements fragmentaires. En effet, les affleurements sont réduits en dimension et les lèvres en contact sont formées, le plus souvent, de tufs volcaniques plus ou moins remaniés, quasi identiques.

Aucune observation n'a pu être faite sur le sens des mouvements verticaux lors du compartimentage. Les rares mesures de rejet ont été faites par défaut. Elles varient entre 0,5 et 50 m.

Les directions, en revanche, ont pu être notées. Elles varient de 0 à 180° mais leur ensemble fait penser à la possibilité de failles convergentes au centre du massif associées à un réseau concentrique autour du même centre. Par ailleurs, toutes les failles observées ne sont pas verticales. Les failles inclinées sont en général bloquées pas les failles verticales les plus proches.

2.2.3 En terrain volcanique récent (presqu'île ouest) aucune observation de faille n'a été faite si ce n'est l'accident N-S séparant le pic Raa de l'Est de la presqu'île.

2,2.4 En terrain sédimentaire les observations faites portent toutes sur des calcaires et des tufs calcaires. Pris dans son ensemble le réseau de failles est dense et ne semble pas montrer de directions privilégiées.

Le Sédimentaire de la côte nord-ouest, entre Ponalvat et la pointe Pâton est particulièrement morcelé par la tectonique. A l'échelle du détail de l'affleurement toutes les directions et toutes les inclinaisons possibles de faille peuvent être observées. Cependant rares sont les cassures de quelque importance. Celles-ci sont verticales et prolongent en général des failles affectant le volcanique voisin. Il s'agit de failles anciennes qui ont rejoué postérieurement à la mise en place des calcaires. Le rejet dans les calcaires reste toujours faible, de 1 à 10 m en moyenne. Les failles inclinées ont un rejet encore plus faible, de l'ordre du mètre, et viennent buter sur les failles verticales. Elles sont dues aux phénomènes de compression.

En dehors de la zone Ponalvat-Paton le réseau de failles garde les mêmes caractéristiques de direction et de rejet, mais il est beaucoup moins resserré. Une faille secondaire inclinée se signale par l'importance de son rejet au Sud de Potnagnaï : il atteint 40 m dans les calcaires, le compartiment ouest étant affaissé. Cette faille se raccorde à un accident vertical affectant le Volcanique Ancien appartenant lui-même à un réseau traversant toute l'île du Nord au Sud.

2,3 LES PENDAGES.

Des pendages ont été observés dans le Volcanique et dans le Sédimentaire. Ayant, selon toute vraisemblance, une origine différente, ils seront décrits séparément.

2,3.1 Le Volcanique Ancien I montre peu de pendages réels dans le Nord et le centre de l'île. La région de la Baie Elisabeth, offrant de belles coupes non altérées, est tout à fait horizontale. Cependant, les coulées et les tufs du Mont Wantop ont un pendage assez accusé, de direction est-ouest, d'inclinaison variant de 10 à 30°. Dans le Sud de l'île, le Volcanique Ancien I est très altéré. Aucun pendage notable n'y a été observé. Pourtant la succession de coulées et de tufs observée en suivant l'itinéraire Immeus-Melvé implique un pendage réel de quelques degrés vers le Sud-Ouest (en admettant que l'appareil éruptif se trouve à l'Est : cf. § « Volcanique »).

Le Volcanique Ancien II est penté dans la région immédiate des monts Ungin et Welrum. La direction des pendages varie tout autour du relief circulaire et leur inclinaison est rarement supérieure à 15°. Au mont Ungin la forme circulaire du relief, la présence d'une dépression centrale suggèrent un ancien appareil volcanique. Les pendages observés correspondraient au pendage matériel d'un cône volcanique autour de l'orifice d'émission.

2,3.2 Le Volcanique Moyen III offre de beaux pendages dus au mode de dépôt des tufs remaniés. Les directions encerclent le relief circulaire et les inclinaisons convergent grossièrement vers un axe passant par le centre de l'appareil volcanique. Les rivières Ponamlas et Potnuma, très encaissées, mettent à jour deux coupes de l'ancien volcan. En remontant le cours d'eau, l'inclinaison des pendages observés varie de 20 à 0°.

2,3.3 Dans le Sédimentaire s'observent deux zones très différentes : entre Ponalvat et la Pointe Paton (côte nord-ouest) les formations sont pentées vers la mer, tandis que dans le reste de l'île les formations sont horizontales, sauf exceptions tout à fait locales.

2,3.3.1 Certains calcaires, tufs calcaires et conglomérats de la Série Sédimentaire Ancienne sont pentés vers la mer entre Ponalvat et la Pointe Paton. Le pendage affecte la base transgressive et les calcaires coralliens la surplombant. En revanche, la formation de Numpon, au sommet, reste horizontale, en discordance sur les dépôts antérieurs.

Les directions des pendages sont assez variables : 20° E à Dillon, 170° à Potiaroki, 150° à Tanouaou, 10° à Iorup Raouisse, 150° à Waringui, 90° à Ponamlas.

Les inclinaisons en bordure de mer varient de 20 à 35° sur l'horizontale. Les couches pentent toujours vers la mer.

Lorsque l'on remonte les rivières entaillant les calcaires, on constate toujours une réduction assez rapide de l'inclinaison, la direction restant sensiblement la même. Aucun affleurement continu n'a permis de suivre ces pendages dont l'inclinaison varie de 35° à 0° en moins d'un kilomètre.

2,3.3.2 La Série Sédimentaire, hors la zone Ponalvat-Paton, est horizontale. Certains pendages très localisés s'observent cependant, notamment à Happyland et à Immeus. Il s'agit en général de niveaux assez détritiques coincés entre deux couches horizontales. Ces faux pendages, affectant localement un seul niveau, sont des pendages intraformationnels dus à des dépôts de pente très locaux assez courants dans les formations coralliennes.

2,4 LES GRADINS COTIERS.

Le long de la côte sud-ouest, entre Dillon et Ifor, une série de falaises et de ressauts raccorde le plateau supérieur (alt. 200 à 300 m) à la mer. Ces ressauts forment quelquefois de vrais petits plateaux intermédiaires, mais ils sont le plus souvent estompés par les éboulis en amont et l'érosion en aval. Ils sont dénommés gradins côtiers dans le texte.

2,4.1 C'est entre Dillon et Ifor que ces gradins sont les plus nets et qu'ils ont été étudiés et définis. D'une façon générale quatre falaises limitent cinq gradins : le plateau supérieur étant compté pour un gradin porte le n° 1, le gradin inférieur, en bord de mer, porte le n° 5.

Les altitudes respectives moyennes de ces gradins sont de 200 m, 100 m, 60 m, 20 m et 4 m. Il arrive cependant que les 4 premiers aient été décalés verticalement par failles : gradin 1 à 160 m à Bunkel Nord et à 320 m à Potnagnaï Sud. En règle générale, l'altitude du gradin V reste fixe, même si les gradins supérieurs sont décalés. Dans le cas d'un décalage, les écarts de 100 m, 40 m, 40 m, entre chaque gradin semblent respectés. Il est difficile d'être affirmatif à ce sujet car l'action conjuguée des éboulis et de l'érosion masquent souvent l'altitude réelle d'un gradin intermédiaire (fig. 15).

En revanche, les largeurs des gradins sont très variables, certains des gradins II, III, IV pouvant totalement disparaître. Elles varient entre les limites suivantes :

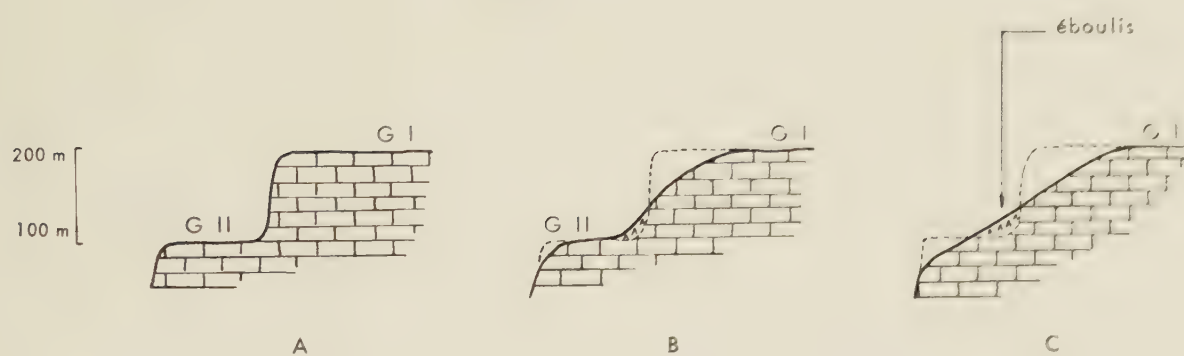
G I	: 150 à 1500 m.
G II	: 0 à 250 m.
G III	: 0 à 400 m.
G IV	: 0 à 100 m.
G V	: 0 à quelques dizaines de mètres.

Si certains gradins viennent à disparaître, d'autres gradins secondaires intermédiaires peuvent apparaître localement. Leurs extensions en longueur et largeur sont toujours très réduites. Il existe par exemple un gradin intermédiaire entre 1 et 2 à l'aplomb du village Joseph.

2,4.2 Au Nord de Dillon et jusqu'à Ponamlas le tracé des gradins côtiers est bien estompé. La falaise surplombant la côte est quasi verticale. L'étude des photos aériennes permet cependant de les repérer avec une approximation satisfaisante (cf. § 3).

2,4.3 De Ponusia à Ifor la morphologie de la côte change insensiblement pour tendre, à partir de la Baie Cook, à un type bien différent. Il n'y a plus de falaise en bordure de côte, les estuaires sont ennoyés, les rivières alluvionnent et il faut remonter plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres pour atteindre l'altitude de 100 m. Seul un léger ressaut domine un gradin bas (alt. 3 à 6 m). Ce gradin se suit du Nord au Sud de l'île sur la côte est, avec une largeur très variable atteignant 1600 m entre Ifor et Imponkor.

DEGRADATION DES GRADINS COTIERS PAR EROSION



A Altitudes des deux gradins mesurables sans ambiguïté :
 gradin I à 220 m.
 gradin II à 100 m.

B Altitude du gradin II encore mesurable

C Altitude du gradin II inconnue

FIG. 15

3 — OBSERVATION SUR PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

3,1 DÉROULEMENT DES TRAVAUX.

L'absence de tout document topographique, excepté la carte marine au 1/1 321 000 a amené à faire, avant même d'aller sur le terrain, une étude photogéologique de l'ensemble de l'île destinée à fournir :

- un fonds au 1/44 000 avec le tracé des rivières et ravins,
- un canevas des grandes structures géologiques.

Cette étude a été reprise à l'occasion du dessin d'une esquisse géologique au 1/100 000. Lors de cette période de travail a été réalisé un assemblage des photos IGN dont la reproduction photographique se trouve ci-contre.

Enfin, la parution du fond 1/50.000 IGN a entraîné une nouvelle étude photogéologique complète pour la transposition des résultats cartographiés au 1/44 000 sur la carte 1/50 000 proposée.

3,2 LES FAILLES.

3,2.1 L'étude stéréoscopique fait admirablement ressortir les failles dans ce pays pourtant très couvert de végétation. Cela provient de l'association des facteurs : tectonique jeune - érosion active. Les reliefs de failles subsistent encore très souvent et l'érosion a débarrassé les terrains tendres et broyés dans lesquels les rivières sont passées préférentiellement. Méandres brusques dans les rivières et reliefs « anormaux » sont ici des critères de valeur

Cette facilité d'observation des failles sur photos aériennes a fait que nous en sommes arrivé très vite à repérer d'abord les failles sur les photos avant de les vérifier sur le terrain en un point ou deux. La méthode stéréoscopique est beaucoup plus précise quant à l'emplacement et au tracé, mais elle donne moins de renseignements sur le rejet et le sens d'affaissement des compartiments.

Les remarques précédentes s'appliquent surtout aux failles verticales. Les accidents obliques ont dans la région un faible rejet et une petite extension et se repèrent beaucoup moins bien.

3,2.2 Sur l'assemblage des photos IGN quelques alignements apparaissent importants. Ils sont reportés sur le plan 1/250 000 (fig. 16).

Certains tracés en traits pleins sur la carte sont effectivement des accidents réels. A la plupart d'entre eux correspond un relai de failles de même direction, décalées transversalement ou interrompues momentanément.

D'autres alignements n'apparaissent pas sur la carte tectonique. Il s'agit de ceux convergeant Baie Bunkel. Il n'en a pas été trouvé trace sur le terrain et l'étude stéréoscopique des photos aériennes 1/44 000 ne les fait pas non plus ressortir. Signaler ces alignements énigmatiques dans le chapitre « Tectonique » ne se justifie que par une hypothèse possible : ils correspondraient à des accidents très anciens, se traduisant encore dans la morphologie de l'île à très grande échelle mais seraient complètement masqués à petite échelle par les recouvrements et la tectonique postérieurs.

3,3 LES PENDAGES.

Un essai de repérage des pendages sur photos aériennes a été fait mais les résultats ne sont pas probants, même après connaissance du terrain.

ALIGNEMENTS REPERES SUR L'ASSEMBLAGE DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES

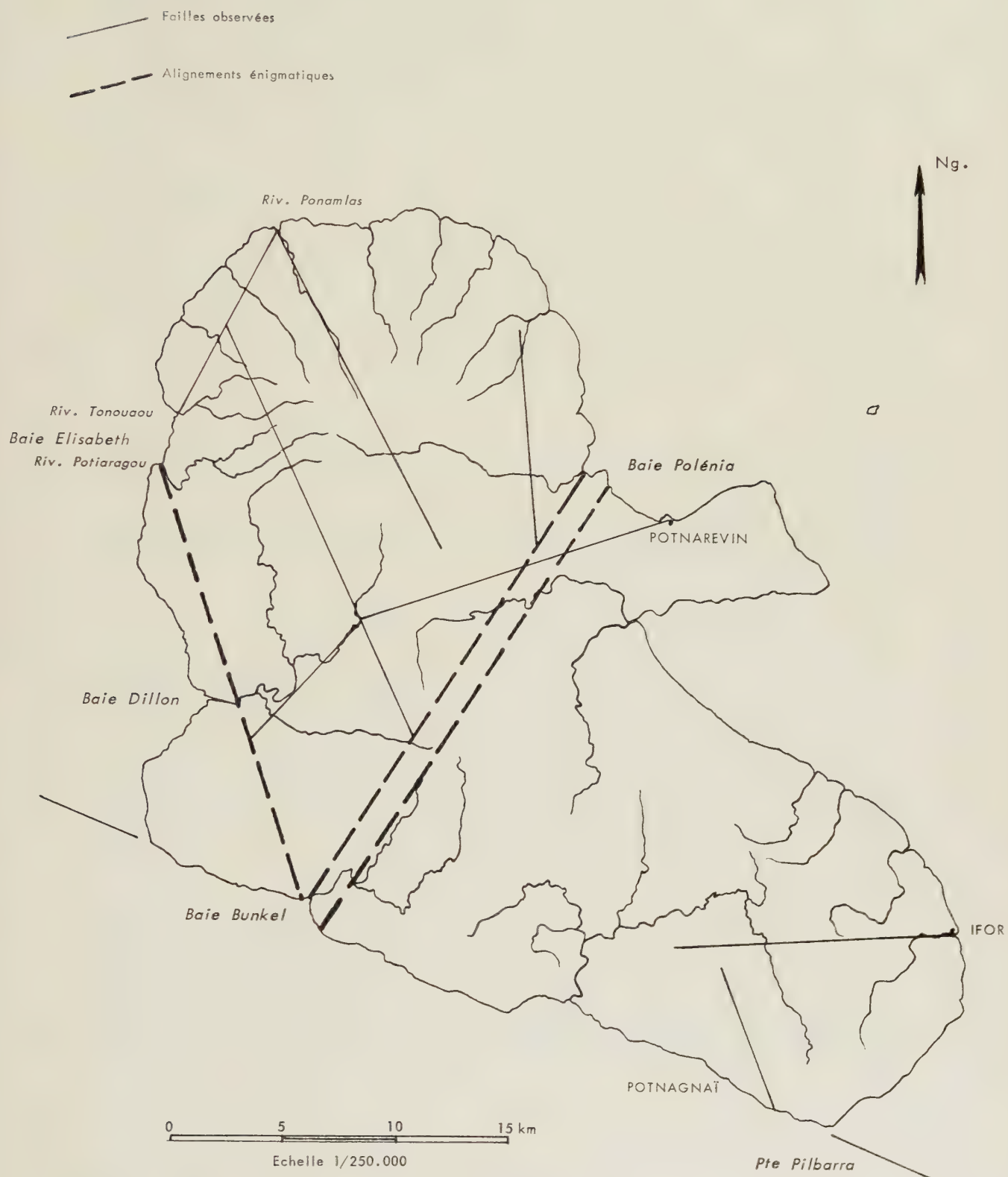


FIG. 16

3,4 LES GRADINS.

Les gradins, en revanche, s'observent très bien sur photos aériennes. Ils sont déjà visibles sur l'assemblage mais peuvent être suivis en détail en stéréoscopie.

3,4.1 Sur les côtes sud-ouest et est, cette étude n'a pas amené d'éléments nouveaux si ce n'est des précisions sur les arrêts momentanés des gradins II, III, IV et la découverte de quelques gradins secondaires cachés par la végétation.

3,4.2. Sur la côte nord-ouest, en revanche, elle a permis de :

- prolonger les tracés de Dillon à Elisabeth (la falaise limitant le gradin I suit approximativement la courbe de niveau 200 de la carte IGN),
- retrouver des traces de gradins dans le Volcanique de la Baie Elisabeth,
- tracer la limite de plusieurs gradins entre les rivières Tanouaou et Waringui (voir carte détaillée de Raouisse en chapitre « Prospection »).

Il ressort de cette étude que si les gradins se poursuivent très certainement vers le Nord, ils sont par contre amortis. La différence d'altitude subconstante entre chaque gradin ne se retrouve plus. A l'intérieur du pays les falaises sont remplacées par de simples ressauts souvent mamelonnées, la seule falaise marquée étant celle du bord de mer.

4 — MODE DE CARTOGRAPHIE

4,1 FAILLES.

Le travail sur le terrain a permis des observations très nombreuses sur les failles (direction, rejet...) mais ces observations restent quasi ponctuelles le plus souvent. Il a été également constaté que les failles obliques, si elles sont fréquentes, ont rarement une grande extension et un grand rejet.

La photogéologie fait découvrir de très nombreux tracés de failles, assez généralement vérifiables sur le terrain. Elle apporte, par contre, peu de renseignements sur les failles obliques et les mesures de rejets.

Lors de la cartographie il a été appliqué la méthode suivante :

- aucune faille oblique n'est reportée sauf la faille de Potnagnaï,
- toutes les failles verticales observées sur le terrain ont été prolongées par photogéologie,
- les failles non vérifiées sur le terrain, que la photogéologie permet d'interpréter avec quasi-certitude ont été ajoutées si leur direction cadre avec celle des failles voisines.

Cette méthode permet de simplifier la carte qui deviendrait illisible si toutes les failles supposées étaient indiquées. Il n'a pas semblé utile de figurer par des tiretés les accidents déterminés en photogéologie car il resterait alors bien peu de tracés pleins d'un bout à l'autre de l'accident.

4,2 PENDAGES.

Quelques pendages sélectionnés sont indiqués selon la méthode classique : grand trait dans la direction des couches, petit trait perpendiculaire indiquant l'inclinaison.

4,3 GRADINS.

Les gradins côtiers n'ont pas été reportés sur la carte 1/50 000 car ils surchargeraient le dessin. Ils ont été, en revanche, cartographiés dans les cartes de détail des gisements de Raouisse et de Immeus.

La carte topographique porte souvent en bordure de côte des tracés de falaises. Il s'agit de falaises actuelles limitant les gradins (c'est le rebord supérieur de la falaise qui est alors tracé). Quelques-unes cependant sont des regards de faille. On peut les distinguer facilement à leurs orientations.

5 — INTERPRETATION

Ce paragraphe reprend les observations exposées précédemment, ainsi que celles pouvant être faites sur la carte géologique, en présentant l'ensemble dans le sens d'une synthèse interprétative. Il comprend ensuite notre interprétation des gradins côtiers et un essai d'histoire tectonique de l'île.

5,1 CARACTÈRES TECTONIQUES D'ENSEMBLE.

5,1,1 ABSENCE DE TOUT MOUVEMENT PLASTIQUE. Les observations ne font jamais état de bombements anticlinaux et synclinaux. La tectonique locale a un caractère exclusivement brisant. Il n'y avait d'ailleurs que peu de chance d'observer autre chose dans une île essentiellement volcanique, aux dimensions restreintes, bordée par une fosse marine atteignant cinq mille mètres.

Les caractéristiques des pendages du Sédimentaire de la zone de Ponalvat-Pointe Paton avaient un moment fait penser à un mouvement d'ensemble dû à une flexure dont le tracé serait parallèle à la côte. Cette hypothèse a été abandonnée car :

- Les directions des couches varient irrégulièrement du Nord au Sud. Elles ne sont pas toujours parallèles à la côte.
- Les calcaires sont pentés au Nord et au Sud de la Baie Elisabeth alors que le fond de la Baie est formé de Volcanique horizontal. Ceci impliquerait un arrêt de la flexure (obligatoirement très récente).

Il faut donc admettre que ces pendages côtiers sont dus à des basculements par panneaux successifs sous l'appel du vide. La zone est très morcelée par les failles et ce fait n'a rien d'étonnant. Il est donc probable que les diminutions d'inclinaison des pendages observées lorsque l'on remonte les rivières se font par à-coups au passage de petites failles N.NW-S.SE puis N-S, au rejet très faible.

5,1,2 PÉRENNITÉ DE CERTAINES FAILLES. Il a déjà été signalé au § 2,2,4 que nombre de failles morcelant le Sédimentaire sont dues à un jeu d'accidents antérieurs affectant le Volcanique sous-jacent. Ce phénomène est assez facilement vérifiable lorsqu'il s'agit de deux terrains aussi différents que calcaire et volcanique. Il l'est beaucoup moins lorsqu'il concerne deux formations volcaniques de lithologie identique dont la puissance est mal connue.

Pourtant l'hypothèse du jeu des failles antérieures au cours des différentes périodes tectoniques sera retenue. Elle est plausible dans cette région instable où les phases tectoniques sont rapprochées et récentes et où les lèvres des failles ne sont qu'exceptionnellement cimentées par une brèche consolidée ou par un sill. Il en découle que si les directions de failles anciennes (affectant le Volcanique Ancien I) se retrouvent dans toutes les formations postérieures, il n'en est pas de même des directions plus récentes qui peuvent n'affecter que des zones restreintes.

5,1,3 CARACTÈRE STRUCTURAL FONDAMENTAL DES FAILLES NORD-SUD. Parmi toutes les directions de failles observées sur la carte géologique, la direction N-S (failles comprises dans l'arc 15°W-15°E) est la plus caractéristique. En effet, les failles N-S affectent indifféremment toutes les formations mais elles sont décalées pratiquement par toutes les failles ayant une direction différente (exception faite de quelques failles N-S ayant joué lors de chaque phase tectonique). Cette direction apparaît donc comme très ancienne à Erromango, antérieure au Volcanique Ancien II car certaines failles sont masquées par cette formation.

Cette direction structurale fondamentale peut être rapprochée de la direction générale de l'île mais aussi de celle de l'archipel néo-hébridais qui est aligné Nord-Sud dans son ensemble.

5.1.4 CONVERGENCE DES FAILLES EN CERTAINS POINTS PRIVILÉGIÉS DE L'ÎLE.

L'existence de trois directions privilégiées de failles (N-S, NW-SE, NE-SW) conduit à penser que l'île devrait être morcelée en une série de panneaux triangulaires. Ceci impliquerait que la densité des différents réseaux reste homogène sur toute la surface d'Erromango, ce qui n'est pas le cas. En fait le morcellement triangulaire se retrouve isolément dans toute l'île mais n'est caractéristique que dans le Volcanique Moyen III et ses alentours immédiats (Nord-Ouest du Volcanique Ancien I en particulier).

En revanche quatre zones se distinguent par la convergence de certains faisceaux :

- Baie Elisabeth : faisceaux NW-SE - NE-SW,
- Baie Polénia : faisceaux NE-SW - N-S,
- Volcanique Ancien II au Sud de Nuvilki : toutes les directions convergent en un point.

Ces « points de cassure » donnent à la tectonique d'Erromango une allure rayonnante et étoilée.

5.1.5 CARACTÈRES TECTONIQUES INDIVIDUELS A CHAQUE SÉRIE STRATIGRAPHIQUE.

5.1.5.1 Certaines directions de failles privilégiées ont déjà été citées au cours des paragraphes précédents. Elles affectent toutes les formations ; il serait intéressant de savoir si elles affectent plus un type de terrain qu'un autre. Dans ce but ont été mesurées sur la carte géologique toutes les longueurs des failles affectant chaque formation. Les pourcentages de répartition par type de terrain et type de faille apparaissent comme suit :

	FAILLE N-S (Sect. 15° W-15° E)	FAILLE NE-SW (Sect. 45° E-60° E)	FAILLE NW-SE (Sect. 45° W-20° W)
Volcanique Ancien I Sud de l'Île	37	51	12
Volcanique Ancien I dans son ensemble ..	33	49	18
Volcanique Ancien II	26	58	16
Volcanique Moyen III	12	58	30
Volcanique Récant IV	15	57	28
Série Sédimentaire	Direction des Volcaniques I, II ou III les plus proches.		

L'examen de ce tableau montre :

- Que les Volcaniques I et II séparent nettement des Volcaniques III et IV par inversion des pourcentages de failles N-S et NW-SE.
- La remarquable constance des failles NE-SW qui amène à penser que ces failles ont rejoué lors de chaque phase volcanique.
- Que les failles NW-SE sont caractéristiques d'une phase tectonique postérieure au Volcanique III. Leurs fréquence diminue en effet au fur et à mesure que l'on s'éloigne de cette zone.

5,1.5.2 Le croquis ci-contre (fig. 17) schématise le style tectonique caractéristique de chaque formation principale. Son caractère simpliste donnerait à penser qu'il puisse être utilisé pour dater un terrain à partir de sa tectonique. Ce n'est évidemment pas le cas : ces caractères sont des caractères d'ensemble, inobservables en particulier dans les zones de contact.

5.2 AGE DES DIFFÉRENTES FAILLES.

5,2.1 Vu le nombre de failles cartographiées, le peu de rejet de la plupart d'entre elles, le fait qu'elles ont rejoué lors de l'histoire géologique de l'île, il serait illusoire d'essayer de les dater toutes l'une par rapport à l'autre. Un essai peut en revanche être fait sur les directions principales citées antérieurement, à savoir :

- failles Nord-Sud (secteur 15°W-15°E),
- failles Nord-Ouest - Sud-Est (secteur 45°W-20°W),
- failles Nord-Est - Sud-Ouest (secteur 45°E-60°E),
- failles Est-Ouest (très rares).

5,2.2 Le caractère ancien et structural des failles Nord-Sud a déjà été souligné au § 513. Certaines sont rapidement masquées par le Volcanique II. Comme les accidents appartenant à cette direction forment cependant 26 % des failles du Volcanique II, il est logique d'admettre que la plupart d'entre eux, s'ils sont initialement antérieurs au Volcanique II, ont rejoué postérieurement à celui-ci.

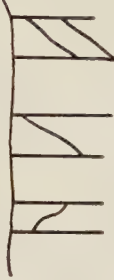
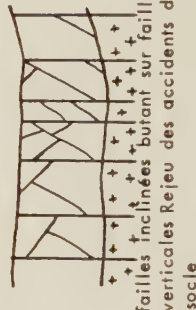
5,2.3 Les failles NE-SW se répartissent également dans toutes les formations (49 à 58 %). Elles sont postérieures aux failles N-S décalant celles-ci notamment dans le Volcanique Ancien I du Sud. Dans le Volcanique Ancien II elles semblent contemporaines de certaines failles N-S ayant rejoué (celles-ci les décalent ou sont décalées par elles). Elles ne semblent pas caractéristiques des Volcaniques postérieurs (sauf au Sud du Volcanique III où l'on peut admettre que les failles antérieures ont rejoué).

5,2.4 Les failles NW-SE apparaissent en pourcentage important dans les Volcanique III et IV (30 %). Leur direction est sensiblement perpendiculaire à celle des failles NE-SW. Leur relation avec le Volcanique III est prouvée géographiquement par la décroissance immédiate du pourcentage de failles NW-SE du Nord au Sud de l'île :

- Volcanique Moyen III : 30 %.
- Volcanique Ancien I région de Navwolu-Nuvilki : 27 %.
- Volcanique Ancien II : 16 %.
- Volcanique Ancien I du Sud : 12 %.

5,2.5 Une faille franchement NW-SE débouche en mer à la pointe Duvasémoui. Son tracé est remarquablement continu bien que décalé ou interrompu localement par des failles NE-NW. Il interrompt lui-même toutes les failles N-S et rétracte toutes les failles NE-SW traversant le Sud du Volcanique III. Il est probable qu'il s'agisse d'une faille postérieure aux failles N-S et NE-SW mais antérieure au rejet de celles-ci. Nous avons dénommé cette grande faille transverse : faille Potiaragou-Ifor.

STYLE TECTONIQUE DE CHAQUE FORMATION

PHENOMENES FORMATIONS	F A I L L E S		PENDAGES	GRADINS
	Direction	Inclinaison		
VOLCANIQUE ANCIEN I		 Verticales	Exceptionnels dans le Nord (Mt. Wantop) Faibles et locaux dans le Sud (Mt. Ungin)	Peu marqués mais présents à Baie Elisabeth
VOLCANIQUE ANCIEN II		 Verticales	Dûs au mode de dépôt autour des centres éruptifs	
VOLCANIQUE MOYEN III		 Verticales. Quelques failles inclinées	Dûs au mode de dépôt autour des centres éruptifs	
VOLCANIQUE RECENT IV		 Rares Verticales		
SEDIMENTAIRE	Celles du Volcanique I II ou III le plus proche	 failles inclinées butant sur failles verticales Rejeu des accidents du socle	Inclinés vers la mer dans le Nord Ouest Rares, intraformationnels dans le reste de l'île	Gradins fantômes sur la côte Nord Ouest Gradins nets sur la côte Sud Ouest Pas de gradins sur la côte Est

PAS DE MOUVEMENTS PLASTIQUES

FIG. 17

Les accidents E-W sont rares à Erromango. La faille Ifor-Baie du Sud est à signaler dans le Sud de l'île. Son rejet augmente d'Est en Ouest. Elle recoupe indifféremment toutes les autres directions de faille et est arrêtée à l'Ouest par une faille N-S ayant joué à la même époque. Le panneau surélevé se trouve au Sud. Les gradins côtiers sont limités au Sud-Est par cette faille.

5,3 INTERPRÉTATION DES GRADINS CÔTIERS, MOUVEMENTS ÉPÉIROGÉNIQUES.

5,3.1. Les chapitres « Observations sur le terrain et en photos aériennes » comprennent des descriptions des différents gradins côtiers observés à Erromango. Si le phénomène avait été local, il aurait été tentant d'interpréter chaque falaise comme un regard de faille et d'admettre que les gradins soient dus à une série d'affaissements du plateau calcaire vers la mer. Pour que cette explication soit valable il faudrait admettre une série de failles rapprochées, plus ou moins parallèles, cernant le pourtour de l'île sur toute la côte ouest, ce qui semble difficile. Par contre la régularité des gradins, leur différence d'altitude constante, le fait qu'ils suivent les irrégularités de la côte et « remontent » dans les vallées des rivières importantes suggèrent plutôt une érosion marine (amorce de plate-forme littorale). Un mouvement eustatique positif de 4 m (suivi d'ailleurs d'une descente de 4 m) a déjà été signalé par les géologues du Pacifique (cf. AVIAS, FAIRBRIDGE). Ce mouvement, commun à tout le Pacifique, explique le gradin V de la côte ouest et, peut-être aussi, le gradin de 3 à 6 m bordant la côte est dont l'altitude exacte est en fait mal connue. Une suite de mouvements eustatiques ne peut en revanche expliquer les gradins IV, III, II, I (altitude 20, 60, 100, 200 m) : de tels gradins devraient alors se retrouver dans tout le Pacifique. Il est donc nécessaire d'admettre une suite de mouvements épéirogéniques propres à l'île. Reste à déterminer si les gradins ont été formés lors de mouvements ascendants ou descendants. L'hypothèse d'émersions successives a été retenue comme la plus simple.

En effet (voir croquis n° 18), elle ne fait intervenir que quatre mouvements de même sens alors que l'hypothèse II implique au moins deux émersions et deux immer-sions.

Les observations développées précédemment :

- caractère fantôme et souvent aberrant des gradins au Nord-Ouest de l'île,
- absence de gradins sur la côte est,
- soulèvement assez régulier de 200 m de la côte ouest, de Ponusia à Pilbarra,
- soulèvement de la côte est variant de 200 m au Nord à une vingtaine de mètres au Sud,

entraînent que les mouvements épéirogéniques positifs n'ont par eu partout la même ampleur.

Au Nord d'une ligne Potiaragou-Ifor (une des failles principales de l'île), il semble que le mouvement ait été assez régulier, avec des temps d'arrêt peu marqués. La zone nord se soulevant plus que la zone sud (200 m à 20 m), il y a eu un léger gauchissement de l'île.

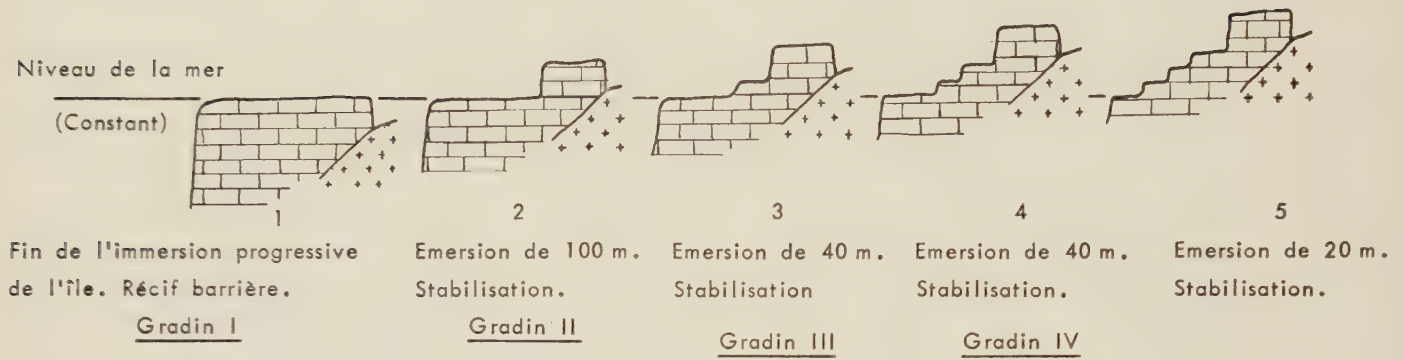
Au Sud de la ligne Potiaragou-Ifor des failles nouvelles se créant (notamment la faille E-W passant par Ifor), et quelques failles anciennes jouant, ont créé une série de panneaux (par exemple panneau triangulaire Umbunrovo Potlussi, panneau carré de Baie du Sud). Ces panneaux se sont soulevés ensemble et par saccades pour atteindre finalement une altitude comparable à celle de la côte nord-ouest. Les formations côtières les limitant sont nettement marquées par des gradins côtiers.

La zone Potiaragou-Bunkel s'est soulevée autour de la faille Potiaragou-Ifor faisant charnière : les gradins côtiers y sont de moins en moins nets du Sud au Nord.

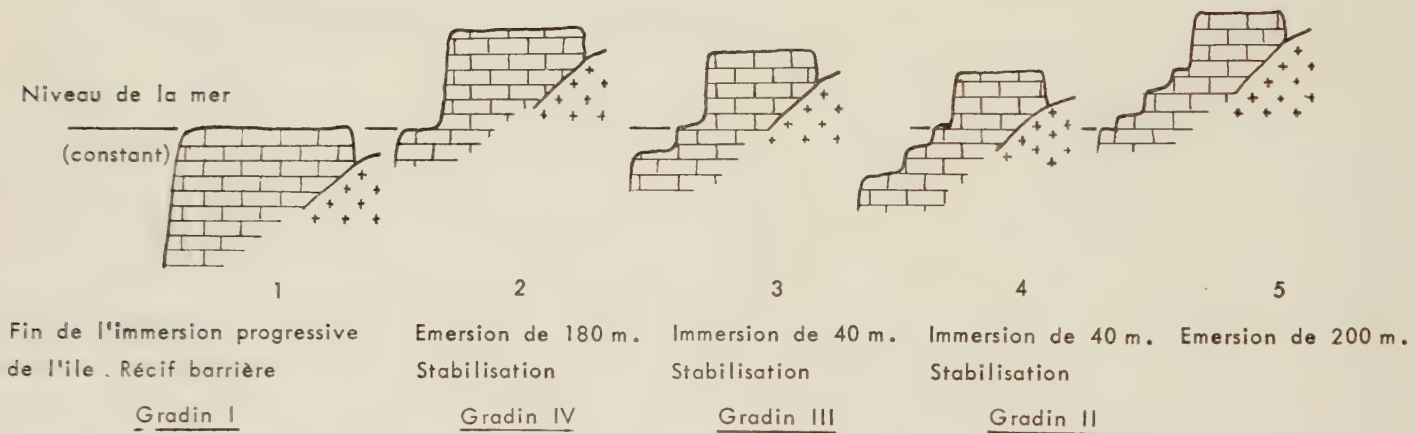
5,3.2 Il est intéressant de noter que ces mouvements épéirogéniques interrompus par des périodes de stabilisations plus ou moins longues ne constituent pas un phénomène

FORMATION DES GRADINS COTIERS

HYPOTHESE I : MOUVEMENTS EPIROGENIQUES ASCENDANTS



HYPOTHESE II : MOUVEMENTS EPIROGENIQUES ASCENDANTS ET DESCENDANTS COMBINES



Dans l'une et dans l'autre hypothèse le gradin V s'est formé à l'occasion de l'oscillation eustatique de 4 m. (Cf. Fairbridge)

FIG. 18

isolé à Erromango. En effet la mise en place de la Série Sédimentaire Ancienne, formée essentiellement de calcaires coralliens, a nécessité un mouvement descendant d'au moins 200 m. Ce mouvement a été nécessairement lent, correspondant sensiblement au rythme de développement des coraux. Il n'a pas été continu : quelques affaissements brusques sont marqués dans la lithologie par des niveaux détritiques. Une stabilisation au moins est connue : celle ayant permis la création du gradin côtier de Raouisse (cf. « Métallogénie »).

5.4 ESSAI D'HISTOIRE TECTONIQUE DE L'ILE.

L'histoire stratigraphique de l'île étant marquée par la succession de quatre venues volcaniques, il est logique de tenter de rattacher la tectonique à la phase tardive de chaque type de volcanique. L'âge des différents réseaux de failles et leur appartenance géographique ont déjà été étudiés en 52. Ce paragraphe vise à regrouper les résultats obtenus et à souligner les phénomènes d'affaissement et d'exhaussement tels qu'ils apparaissent sur la carte géologique. Ce sont les suivants :

5.4.1 APRÈS LA MISE EN PLACE DU VOLCANIQUE ANCIEN I.

- phénomène ayant donné lieu à la création des alignements énigmatiques convergeant Baie Bunkel (cf. 3,2.2),
- phase tectonique Nord-Sud (5,1.3),
- faille NW-SE de Potiaragou-Ifor (5,2.5).

5.4.2 APRÈS LA MISE EN PLACE DU VOLCANIQUE ANCIEN II.

- phase tectonique NE-SW (5,2.3),
- rejeu de certaines failles N-S.

L'ensemble conduit à un affaissement de la zone des centres éruptifs : Monts Ungin et Welrum moins élevés, encore actuellement, que la coulée du Sud de Nuvilki.

5.4.3 APRÈS LA MISE EN PLACE DU VOLCANIQUE ANCIEN III.

- phase tectonique NW-SE (5,2.4),
- rejeu de toutes les directions dans le Nord de l'île.

Les phénomènes essentiels sont l'affaissement de la caldeira centrale du Volcanique III et une suite de petits affaissements sur la côte nord-ouest amenant la création de pen-dages côtiers (antérieurs au dépôt de la Série de Numpon).

- L'ennoyage lent de l'île, commencé en fin de phase Volcanique II continue jusqu'à la fin du dépôt des calcaires de Numpon (5,3.2).
- Phénomène épéirogénique ascendant (5,3) (4 phases principales dans le Sud) accompagné d'un gauchissement de l'île avec cassures locales limitant des panneaux surélevés au Sud. Fracturation de la série sédimentaire.

5.4.4 APRÈS LA MISE EN PLACE DU VOLCANIQUE IV.

- fracturation du Volcanique IV,
- rejeu de certaines failles (faille Potnagaï en particulier).

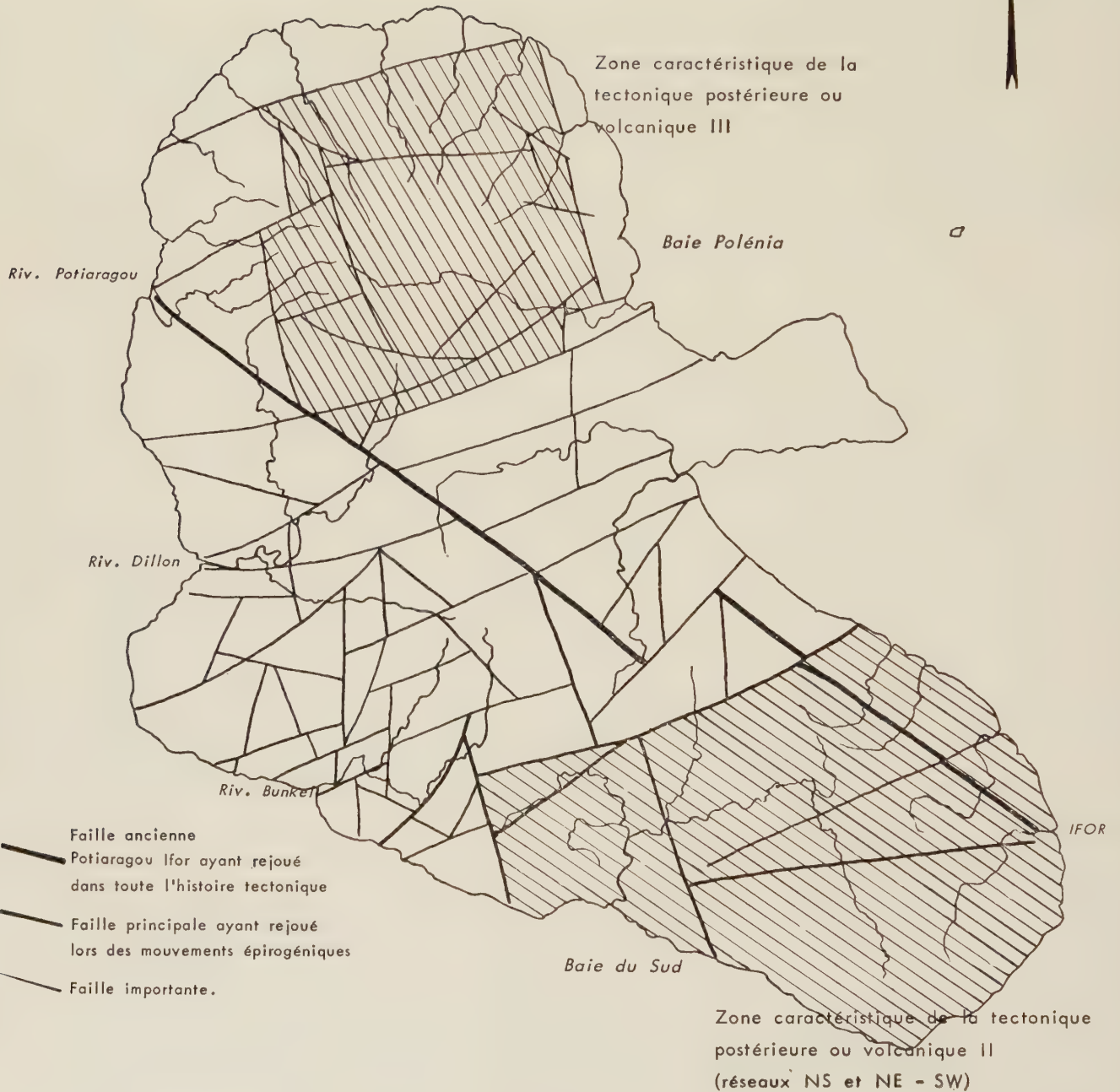
6 — CONCLUSION

Les difficultés d'observation d'ensemble sur le terrain ont conduit à tracer une carte tectonique pratiquement issue de la photogéologie. Cependant les renseignements de terrain sont assez nombreux pour étayer cette carte et interpréter les phénomènes.

ESQUISSE TECTONIQUE

0 1 2 3 km

Echelle 1/250.000



La tectonique d'Erromango est caractérisée essentiellement par son allure brisante et l'absence de toute déformation plastique, même dans le détail de l'affleurement.

Trois grandes directions de faille, en relation avec les phases volcaniques, ont été dégagées. La plupart des accidents ont rejoué plusieurs fois à l'occasion des phases tectoniques ou épéirogéniques. Les failles N-S sont les plus anciennes et se trouvent dans l'alignement de l'archipel hébridais. Les failles NE-SW correspondent à une phase tectonique importante postérieure au Volcanique Ancien II. Elles représentent 50 à 60 % des accidents sur toute l'île. Les failles NW-SE sont liées au Volcanique III. Leur réseau n'est dense que dans ce volcanique et ses environs. Cette phase tectonique est, en outre, responsable des pendages de la côte NW.

Depuis l'apparition généralisée du Sédimentaire on note un ennoyage de l'île plus ou moins continu jusqu'au dépôt des calcaires Numpon. Un exhaussement général de l'île s'est ensuite manifesté. Relativement régulier au Nord d'une ligne Potiaragou-Ifor, il s'est accompagné d'un gauchissement léger vers le Sud-Est. Au Sud de la même ligne, l'exhaussement s'est nettement fait en quatre phases séparées par des périodes de stabilisation ayant permis la création de gradins côtiers.

CHAPITRE V

STRATIGRAPHIE

Histoire géologique d'Erromango

Paléogéographie

1 — INTRODUCTION

La stratigraphie d'Erromango sera présentée dans ce chapitre sous forme d'histoire géologique, concurremment à la paléogéographie. Toutes les observations d'ordre stratigraphique faites au cours de l'étude des formations volcaniques et sédimentaires et de la tectonique sont regroupées dans leur ordre chronologique.

L'étude micropaléontologique de la Série Sédimentaire Ancienne a montré que la plus grande partie de celle-ci était quaternaire, la base pouvant à la rigueur être rattachée au Pliocène. L'histoire géologique de l'île commence donc à cette époque ; elle se poursuit jusqu'à nos jours.

Un diagramme (fig. 20) schématisé dans le temps la succession des différentes formations et leurs relations avec la tectonique.

2 — HISTOIRE GÉOLOGIQUE. PALÉOGÉOGRAPHIE

2,1 VOLCANIQUE I.

Probablement à la faveur d'une fissure profonde, un épanchement volcanique s'est tout d'abord déversé sur l'emplacement d'Erromango. Cette formation constitue actuellement le substratum de l'île. Elle affleure sous toutes les autres formations. L'époque de sa mise en place est inconnue. Elle est antéquaternaire et vraisemblablement pliocène.

En phase terminale ce dépôt était formé d'une alternance de coulées massives, de coulées à blocs et de matériel volcanique peu à très remanié.

Une altération de caractère latéritique a débuté dès cette époque. Elle était d'autant plus intense que les matériaux étaient mal consolidés.

STRATIGRAPHIE D'ERROMANGO

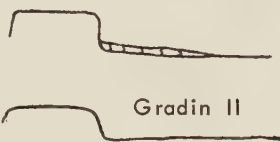
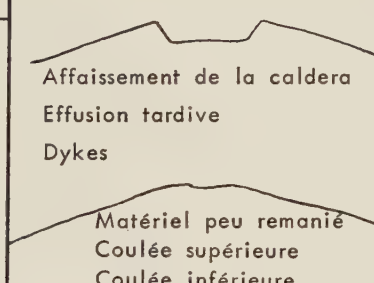
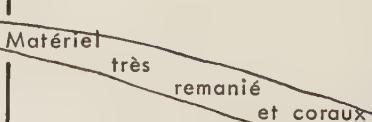
EPOQUE	DEPOTS ESSENTIELLEMENT TERRESTRES		DEPOTS ESSENTIELLEMENT MARINS		DEPOT MIXTE		TECTONIQUE (Le jeu des failles n'est pas indiqué)	MOUVEMENTS EPIROGENIQUES	MOUVEMENTS EUSTATIQUES
	NOM DE LA FORMATION	Type de dépôt	Type de dépôt	Nom de la formation	Type de dépôt	Nom			
QUATERNAIRE	VOLC. RECENT V IV	Latérites remaniées Alluvions Terrasses fluviales 	Coraux actuels Plages Terrasse de 4 m.	Calcaire de Melve Imponkor			4ème Phase		↕
									
				Dépôt argileux gradin II	Argiles et galets		Faille W E de Ifor et failles associées	↑	
		Dépôt de Punalvat							
PLIOCENE	VOLCANIQUE MOYEN VIII	Affaissement de la caldera Effusion tardive Dykes 		Zone argileuse Zone détritique Zone calcaire	SERIE DE NUMPON	RECIF ANCIEN	3ème phase failles NW SE pendages cotiers au NW	↓	
				Zone supérieure calcaire	SERIE SEDIMENTAIRE ANCIENNE	Base détritique	2ème phase failles NE SW		
				Zone moyenne finement détritique Base détritique			1ère phase failles NS faille Potiaragou Ifor		
PLIOCENE	VOLCANIQUE ANCIEN VII	Matériel peu à très remanié Au moins trois coulées vers l'Est 							
	VI	Début de la latérisation Coulées et matériel peu à très remanié	Coraux ? 						

FIG. 20

2,2 PREMIERE PHASE TECTONIQUE.

Une première phase tectonique a morcelé le Volcanique I. C'est alors que s'est dessinée la forme générale de l'île grâce à des effondrements marginaux affectant notamment les actuelles côtes est et sud-ouest. Ces failles avaient des directions nord-sud et nord-ouest-sud-est. Sur l'île, ces mêmes directions se retrouvent. Les failles nord-sud et la grande faille nord-ouest-sud-est Potiaragou-Ifor ont joué une première fois à cette époque.

Sous l'action de l'érosion et du transport un remaniement important des formations volcaniques superficielles a alors accumulé à l'Ouest de l'île un dépôt fluvio-volcanique dans lequel quelques coraux ont été incorporés en bordure de côte.

2,3 VOLCANIQUE II.

Postérieurement à la première phase tectonique, un appareil éruptif s'est élevé sur l'actuel emplacement du Mont Ungin : il est responsable du Volcanique II, phase tardive du Volcanique Ancien qui s'est mis en place sur un Volcanique I déjà latéritisé. Les nouveaux dépôts sont, cette fois, essentiellement formés de matériel volcanique peu à très remanié. Toutefois trois coulées superposées se sont étendues vers l'Est. Elles sont interstratifiées dans la masse des dépôts.

La latéritisation a favorisé une érosion ultérieure qui a très certainement réduit la surface d'affleurement du Volcanique II. Le matériel remanié a disparu en partie : une boutonnière de Volcanique I est apparue à l'Est du Volcanique II. Les coulées ont mieux résisté : au Sud de Nuvilki, elles se trouvent actuellement à une altitude supérieure à celle du Mont Ungin.

2,4 SECONDE PHASE TECTONIQUE.

Une seconde phase tectonique s'est manifestée en fin du Volcanique II. Elle est responsable du rejeu de certaines failles existantes et de la création du réseau de failles de direction nord-est - sud-ouest.

2,5 SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

Fin Pliocène début Quaternaire, l'île était quasi exclusivement volcanique. Vu la situation géographique de l'île, des récifs peu étendus ont certainement dû se développer en place le long des côtes mais ils n'ont pu être retrouvés. La côte était entourée d'une falaise et dominée par le plateau Volcanique I. Au Nord d'une ligne Pointe Paton-Ifor la pente du Volcanique vers la mer était assez accusée, supérieure à 20°. Au Sud de cette même ligne la pente était beaucoup plus douce, inférieure à 10°, sur un à trois kilomètres selon les régions.

Alors commence une subsidence lente de l'île qui devait atteindre 200 m environ, la phase terminale étant encore plus lente. Les coraux se développant en bordure de côte érigèrent alors un récif barrière au Sud de la ligne Pointe Paton-Dillon, un récif frangeant au Nord de cette ligne. Les apports terrigènes, de plus en plus réduits, se sont déposés entre le récif et l'île, les éléments les plus fins se déposant sur le récif frangeant. Ces récifs sont maintenant retrouvés entre les altitudes 0 et 200 m, tout autour d'Erromango. Ils forment la Série Sédimentaire Ancienne avec ses trois faciès : base détritique - zone moyenne détritique - sommet calcaire.

2,6 VOLCANIQUE III.

A la fin de la subsidence un nouveau volcan s'est érigé dans le Nord de l'île. Le matériel émis est toujours basaltique. Dans le cône formé de projections assez grossières

et remaniées s'intercalent deux coulées principales. La coulée de la base se caractérise par son faciès bréchique ; celle du sommet est formée d'une lave homogène. En bordure de mer, au Nord, cette Série Volcanique III s'interstratifie avec le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne.

2,7 TROISIÈME PHASE TECTONIQUE.

Une troisième phase tectonique se manifeste alors. Les failles antérieures rejouent et une nouvelle direction nord-ouest - sud-est apparaît. D'autre part, le centre de l'appareil éruptif du Volcanique III s'effondre et le fond de la caldeira formée est rempli en partie par une effusion tardive. Des dykes s'injectent autour du cratère et dans la caldeira elle-même. En bordure de côte une série de petits effondrements crée les pendages de la Série Sédimentaire Ancienne entre la Rivière Ponusia et la Pointe Paton.

2,8 SÉRIE DE NUMPON, DÉPOTS DE PONALVAT.

La subsidence, un moment interrompue, reprend et se poursuit lentement pendant 30 m. La Série de Numpon, assez semblable à la Série Sédimentaire Ancienne, se dépose. Elle recouvre cette dernière mais est également transgressive sur les Volcaniques I, II et III.

Au Nord de l'île les rivières importantes alluvionnent sur le Volcanique III au contact du Récif Ancien. C'est la création des dépôts de Ponalvat.

2,9 SÉRIE DE RAUTOR.

Au Sud de la ligne Pointe Paton - Ifor, le Récif Ancien s'était érigé sous forme de récif barrière. Un lagon, créé entre ce récif et les terres émergées a été peu à peu colmaté par les apports terrigènes. Après un assez court dépôt détritique la sédimentation a été représentée par les seules boues argileuses d'origine latéritique. Ces dépôts forment actuellement une partie de la *Série de Rautor* avec sa base détritique et ses argilites.

2,10 SURRECTION DE L'ILE.

L'île entre alors dans une période d'émersion. Les côtes nord-ouest et sud-est (de la rivière Ponusia à Ifor) se sont relevées de 200 m en moyenne alors que la côte est se gau-chissait, s'élevant de 20 m seulement dans l'extrême Sud. La faille est-ouest passant par Ifor sépare ces deux zones.

Sur la côte sud-ouest, et grâce à une série de panneaux tectoniques créés ou rejouant à cette époque, le soulèvement s'est fait par quatre mouvements épéirogéniques positifs assez brusques, séparés par de longues périodes de repos. Ce phénomène a permis la création de *quatre gradins côtiers* qui entaillent le Récif Ancien.

Le premier mouvement épéirogénique positif a pu être suivi d'un mouvement épéirogénique négatif de 40 m (voir chapitre « Formations sédimentaires ») environ. Le gradin II, immergé à nouveau, a été recouvert alors par les dépôts argileux du gradin II. Derrière la falaise calcaire la Série de Rautor finement détritique était recouverte par deux niveaux d'argile à galets.

2,11 VOLCANIQUE IV.

Entre la Baie Polenia et la Baie Cook se manifeste ensuite la dernière activité volcanique d'Erromango : le Volcanique IV. Elle érige un appareil volcanique formé de projections et recouvre en partie, à l'Ouest, les calcaires de la Série de Numpon.

2,12 TERRASSE MARINE DE 4 m.

La mer subit alors un mouvement eustatique positif de 4 m. Une amorce de plate-forme littorale se crée autour d'Erromango, particulièrement bien développée au Sud-Est. Les *calcaires de Melvé Imponkor* se mettent en place (certains sur la bordure côtière du Volcanique IV). Un mouvement eustatique négatif de 4 m fossilise ce dernier gradin.

2,13 Enfin une *quatrième phase tectonique* provoque des failles dans le Volcanique IV et est responsable de quelques failles nouvelles dans le Sédimentaire (notamment la faille de Potnagaï décalant les calcaires de la terrasse de 4 m).

3 — CONCLUSION

L'histoire géologique d'Erromango commence peu avant le Quaternaire. Elle est alors essentiellement volcanique ; ce n'est qu'accessoirement que les formations coralliennes s'édifient sur les côtes des deux Séries Volcaniques Anciennes I et II.

Deux périodes de subsidence lente sont accompagnées par l'édification du Récif Ancien : Série Sédimentaire Ancienne et Série de Numpon (séries organogènes et détritiques), cependant que le Volcanique III s'épanche au centre Nord de l'île à la fin de la première subsidence.

La surrection de l'île, atteignant 200 m en moyenne, n'a pas été uniforme. Elle s'est accompagnée d'un gauchissement de la côte est, de plus en plus accusé vers le Sud, et de l'érosion de quatre gradins côtiers, sur la côte sud-ouest, pendant des périodes de stabilisation. Les dépôts sédimentaires datant de cette époque ont peu d'importance par leur superficie et leur volume ; ils sont d'origine détritique. La Série de Rautor se complète et les dépôts argileux recouvrent le gradin II.

En fin d'émergence une activité volcanique se déclenche sur la côte est : le Volcanique IV s'édifie sur la presqu'île du Pic de la Selle.

Commencent alors les oscillations communes à tout le Pacifique. En particulier une légère oscillation du niveau marin crée la terrasse de 4 m sur laquelle se plaquent les calcaires de Melvé Imponkor, dernière formation connue.

La tectonique a été assez intense dans ce pays volcanique instable. Quatre phases principales sont responsables de failles nord-sud, nord-est, sud-ouest et nord-ouest, sud-est, qui morcellent Erromango. Chaque phase se situe à la fin d'une activité volcanique. La dernière phase tectonique est très récente puisque la terrasse de 4 m est fracturée.

CHAPITRE VI

PROSPECTION

1 — INTRODUCTION

La prospection d'une région pour le compte d'un organisme ou d'une compagnie entraîne un travail d'équipe se situant à tous les niveaux : géologue de terrain et ses prospecteurs, puis laboratoires et autres services fonctionnels spécialisés : géologues et ingénieurs-conseils, services économiques et financiers, direction. Le géologue chargé de la prospection ne peut être considéré comme responsable à part entière mais plutôt comme un exécutant et surtout un informateur impartial et éclairé.

Dans ces conditions, il ne peut entrer dans ce chapitre aucune considération critique sur le déroulement d'opérations déterminées en premier lieu par leur caractère industriel et commercial. Seuls l'exposé chronologique des différents types de travaux réalisés et leurs aboutissements pratiques seront étudiés.

Afin de grouper tous les renseignements relatifs à la minéralisation dans le chapitre « Métallogénie », les observations de terrain ne seront pas présentées ici, sauf si elles sont indispensables à la compréhension de la suite des travaux.

Les subdivisions principales du chapitre « Prospection » seront les suivantes :

Travaux préliminaires :

- Travaux antérieurs au début de la prospection décrite.
- Etude des conditions naturelles. Conséquences.

Prospection volante :

- Recherche des indices apparents.
- Première étude de certains indices.
- Résultats pratiques obtenus à la fin de la prospection volante. Applications immédiates.

Travaux de détail :

- Ordre des travaux.
- Chantier d'Immeus-Potnagnaï.
- Chantier de Raouisse.

Conclusion générale sur la prospection.

2 — TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

2,1 TRAVAUX ANTÉRIEURS AU DÉBUT DE LA PROSPECTION (1959).

2,1.1 TRAVAUX GÉOLOGIQUES ET MINIERS.

Deux géologues MM. AUBERT DE LA RÛE et MARUEJOL avaient antérieurement fait de cours séjours à Erromango. M. DE SAINT-QUENTIN, industriel, avait tenté une prospection à petite échelle du manganèse.

2, 1.1.1 *Observations de M. AUBERT DE LA RÛE.*

De 1934 à 1936, M. AUBERT DE LA RÛE a effectué une mission de reconnaissance générale aux Nouvelles-Hébrides. A Erromango, il cite des gîtes de substitution d'oxyde de manganèse dans les calcaires du Sud-Ouest et des traces de manganèse visibles à la surface de basaltes et andésites en voie de latéritisation. Une limonite d'origine latéritique a également été citée sur le sentier de Baie Dillon à Potnarevin.

2,1.1.2 *Observations de M. MARUEJOL.*

M. MARUEJOL a effectué une mission d'information de deux jours pour le compte du B.U.M.I.F.O.M. Il a notamment examiné certains prospectus dus à M. de SAINT-QUENTIN (Raouisse).

2,1.1.3 *Travaux de M. DE SAINT-QUENTIN.*

Un autochtone de Nouvelle-Calédonie, MARCELLIN, a effectué pour le compte de M. DE SAINT-QUENTIN des travaux légers de prospection dans la région du Nord-Ouest. Ces travaux, incomplets, n'ont pu être utilisés comme tels, mais ils ont guidé la prospection au départ (indices dans les calcaires de Raouisse, imprégnations diffuses dans certains tufs détritiques de Raouisse et de Ponalvat).

2,1.2 DOCUMENTS GÉOGRAPHIQUES.

En 1959, le seul document géographique imprimé était la carte générale n° 4310 IGN au 1/1 321 000, complétée par le document 4280 IGN relatif aux mouillages de Dillon et de Pontnarevin. En revanche la couverture aérienne (mission IGN n° NH 033) était complète et de bonne qualité. Elle a permis l'exécution postérieure d'une carte de travail au 1/44 000.

2,2 ÉTUDE DES CONDITIONS NATURELLES. CONSÉQUENCES.

Deux conditions naturelles ont eu une grande influence sur l'organisation des travaux, notamment sur les moyens mis en œuvre :

- conditions géographiques,
- conditions humaines.

2,2.1 CONDITIONS GÉOGRAPHIQUES.

2,2.1.1 La principale condition géographique est le caractère insulaire éloigné d'Erromango. Baie Dillon, le seul mouillage à peu près sûr de l'île pour un bateau de faible tonnage, se trouve à 140 km E-SE de Port-Vila. Etant donnés la faible population et le peu de ressources locales (nacre, santal), il n'y a pas de liaisons régulières Vaté-Erromango-Tanna. Douze heures de goélette sont nécessaires pour faire la liaison par mer. Les jours de tempête sont rares mais la mer est toujours agitée : il arrive fréquemment que les bateaux soient bloqués une journée à une semaine au port.

A ces interruptions de service s'ajoutent celles dues à l'entretien du bateau et au bon vouloir du « capitaine ».

La question liaison Vila-Erromango étant d'une importance capitale sur la régularité des travaux (approvisionnement en nourriture et en matériel) et la sécurité (visite de médecins et évacuations sanitaires), deux solutions ont été successivement adoptées :

- pendant la prospection volante (nombre d'agents réduit, camps itinérants ou semi-itinérants) : location d'un bateau de 10 m au mois, avec son équipage,
- pendant les travaux de détail : réalisation d'un terrain d'aviation, location d'un avion à la journée ou au voyage, location occasionnelle d'un bateau pour les gros transports.

2,2.1.2 Le climat d'Erromango est tropical humide. Cette humidité favorise la végétation et détériore le matériel ; elle a pour conséquence un important temps perdu en débroussaillage et en entretien. Par ailleurs, les grosses pluies diminuent le rendement sur le terrain et coupent les communications par terre (crues des rivières, ravinement des pistes).

2,2.2. CONDITIONS HUMAINES.

2,2.2.1 Conditions humaines locales.

La population autochtone compte 400 habitants pour toute l'île. Aucun Européen ne résidait plus à Erromango lors de l'installation du B.R.G.M. Les autochtones sont en fait groupés dans quatre zones restreintes : Potnarevin, Dillon, Happyland-Potlussi, Immeus-Potnagnaï et le reste de l'île est inhabité.

2,2.2.2 Ces conditions entraînent :

- une faible réserve de main-d'œuvre disponible sur place,
- une densité de chemin très ténue,
- une extrême pauvreté des possibilités de ravitaillement local.

3 — PROSPECTION VOLANTE

La prospection volante avait pour but de faire connaître les minéralisations existantes à Erromango tout en fournissant le maximum de renseignements susceptibles de déterminer leur valeur économique.

La mission était alors composée d'un géologue et de deux prospecteurs, aidés de manœuvres autochtones calédoniens et locaux. Elle disposait d'un bateau loué en permanence, de matériel de campement et de terrassement léger.

Les travaux se sont échelonnés sur dix mois, de 1959 à 1961 (un repli total de la mission a été effectué lors des congés du personnel). Ils ont permis de retenir deux types d'indice de manganèse sur lesquels ont été faits des travaux de détail.

3,1 RECHERCHES DES INDICES APPARENTS.

Une prospection systématique des indices apparents a été commencée dès que l'étude géologique sommaire eut déterminé l'extension des grands ensembles : Volcanique et Sédimentaire. La prospection des formations volcaniques a été menée par le géologue parallèlement au levé de la carte géologique. La prospection du manganèse dans le Sédimentaire a été exécutée essentiellement par deux prospecteurs, sous la direction et le contrôle du géologue.

3,1.1 PROSPECTION DU VOLCANIQUE.

Les basaltes et andésites, les tufs plus ou moins remaniés, ne laissaient que peu d'espoir quant à une minéralisation associée économiquement intéressante.

Cependant, des gîtes de manganèse filonien ayant été antérieurement cités dans des îles voisines (Vaté, Santo, Banks, Aurora), une prospection au marteau orientée vers la recherche de tels gîtes a été faite à Erromango. Elle a donné un résultat négatif : aucun gîte de manganèse filonien n'a été trouvé dans le Volcanique. Aucun indice indirect de tels gîtes ne peut faire soupçonner l'existence d'un gîte filonien caché ou passé inaperçu.

Par ailleurs, l'altération latéritique très poussée du matériel Volcanique Ancien I et II laissait espérer quelques enrichissements locaux en fer, alumine, titane. Ces terres latéritiques ont été étudiées systématiquement dans la zone Naowolu-Rivière Efel où l'altération latéritique a plus de 10 m de puissance. Douze sondages à la tarière à main ont été répartis à peu près régulièrement sur cette zone (espacement approximatif 75 m). Sur chaque sondage un prélèvement a été fait en surface (passe 0-50 cm), au bedrock et au milieu du sondage.

Enfin quelques battées ont été lavées en aval des venues volcaniques intrusives dans le Volcanique III.

Deux autres prospections du Volcanique n'ont mis à jour aucune minéralisation pouvant avoir un intérêt économique.

3.1.2 PROSPECTION DU SÉDIMENTAIRE.

La prospection volante du Sédimentaire a été menée sans interruption par la même équipe. Elle a porté essentiellement sur le manganèse. L'idée directrice de la prospection a évolué au fur et à mesure des résultats acquis.

Les conclusions tirées de la prospection détaillée de certains indices, prospection menée simultanément, ont en particulier largement orienté la prospection volante. Les différents types de prospection sont décrits rapidement ci-dessous en suivant l'évolution de l'idée directrice.

3.1.2.1 *Prospection classique au marteau par un prospecteur qualifié.*

Nous sommes partis sur les deux régions où des indices avaient été cités antérieurement :

- A Raouisse et à Happyland, une série d'indices étaient connus depuis la prospection de M. de SAINT-QUENTIN. Il est apparu rapidement que la simple prospection au marteau n'était pas rentable ni en rivière ni en falaise. En effet :
- En rivière : les terrasses et les encroûtements masquent les roches en place, interrompant par là même la prospection directe. Le minerai de manganèse local étant le plus souvent très friable et pulvérulent, son érosion ne donne pas lieu à des galets pouvant guider une prospection indirecte.
- En falaise : l'accès des falaises est très difficile. Les éboulis masquent les affleurements au pied de la falaise. La prospection par un Européen peu entraîné à l'alpinisme est donc très longue.

3.1.2.2 *Prospection systématique par les indigènes.*

Il est apparu très rapidement que les indigènes connaissaient le minerai de manganèse. Ils utilisent en effet cette matière première comme base de fard lors de leurs danses coutumières. Certains hommes nous ayant présenté des échantillons minéralisés, l'idée a rapidement germé de les utiliser à mener eux-mêmes la prospection volante systématique primaire.

Une première vérification de leur capacité a été faite à Happyland. Une zone de 2 km² avait été spécialement prospectée et levée par un prospecteur et le géologue. Six indices avaient été trouvés en quatre jours de travail. Une équipe de trois hommes (choisis par ceux qui n'avaient pas travaillé avec nous) a retrouvé en un jour tous les indices connus et découvert, en plus, cinq indices passés inaperçus.

Après sélection de trois équipes de trois hommes, l'organisation du travail a été la suivante :

- Prime à la découverte par indice,
- Zone de prospection de chaque équipe limitée (par le prospecteur) par la côte en bord de mer, deux rivières et le Volcanique.
- Travail indépendant de chaque équipe qui doit échantillonner et numérotter chaque indice (est admis comme indice toute minéralisation en place, qui échantillonnée, reste apparente sur le terrain).
- Inspection hebdomadaire du prospecteur qui examine les échantillons (pour éliminer certains basaltes), visite chaque indice, le reporte sur carte, l'échantillonne, le décrit.
- Visite du géologue qui étudie plus particulièrement les zones où les indices sont nombreux, les indices importants, les indices où la nature du gîte semble nouvelle.

Cette méthode a permis de dresser assez rapidement l'inventaire des indices apparents de l'île. Elle a duré huit mois (travail à temps partiel) et a occupé le personnel suivant :

géologue	38 h/j
prospecteur	142 h/j
manœuvres	1 832 h/j

Les résultats obtenus ont été satisfaisants. En effet, les prospections complémentaires faites par la suite sur des indices cachés supposés et sur les zones riches n'ont fait connaître que bien peu d'indices nouveaux. La carte des minéralisations synthétise cette phase de travail (annexe n° 2).

3,2 PREMIÈRE ÉTUDE DE CERTAINS INDICES.

Simultanément à l'étude des formations volcaniques par le géologue seul et à la recherche des indices de manganèse apparents dans le Sédimentaire par la première équipe de prospection, une seconde équipe a été chargée d'effectuer les travaux nécessaires à l'étude détaillée de certains indices.

Cette prospection avait pour but de fournir des renseignements précis sur la nature et le gîte de la minéralisation.

Au fur et à mesure des résultats acquis par l'inventaire des indices apparents, les travaux ont été successivement menés dans les points les plus intéressants, soit : à Raouisse-Ponkilmonkip, Tanouaou, Immeus et Happyland.

Tous ces chantiers ont été conduits suivant la même méthode :

- Recherche des indices apparents locaux.
- Lever d'un plan sommaire (au pas et à la boussole) à l'échelle de 1/1 000 (ex. en fig. 21).
- Implantation de puits, de tranchées et de sondages à la tarière par le géologue et le prospecteur aux emplacements les plus favorables, en tenant compte de la géologie, mais aussi de la topographie et du recouvrement, la maille théorique étant de 50 m.
- Exécution des travaux par le prospecteur. Etude des prospects par le géologue.
- Petits travaux complémentaires s'il y avait lieu.

3,2,1 DIFFICULTÉS RENCONTRÉES.

La réalisation des travaux a été considérablement ralentie par :

- l'isolement des chantiers
- l'incompétence des indigènes ne sachant manier aucun outil et s'absentant à tout propos
- les temps morts lors du déplacement de chantier à chantier.

CHANTIER DE RAOUISSE

EXEMPLE DE PLAN DE CHANTIER LEVE INITIALEMENT AU 1/1000

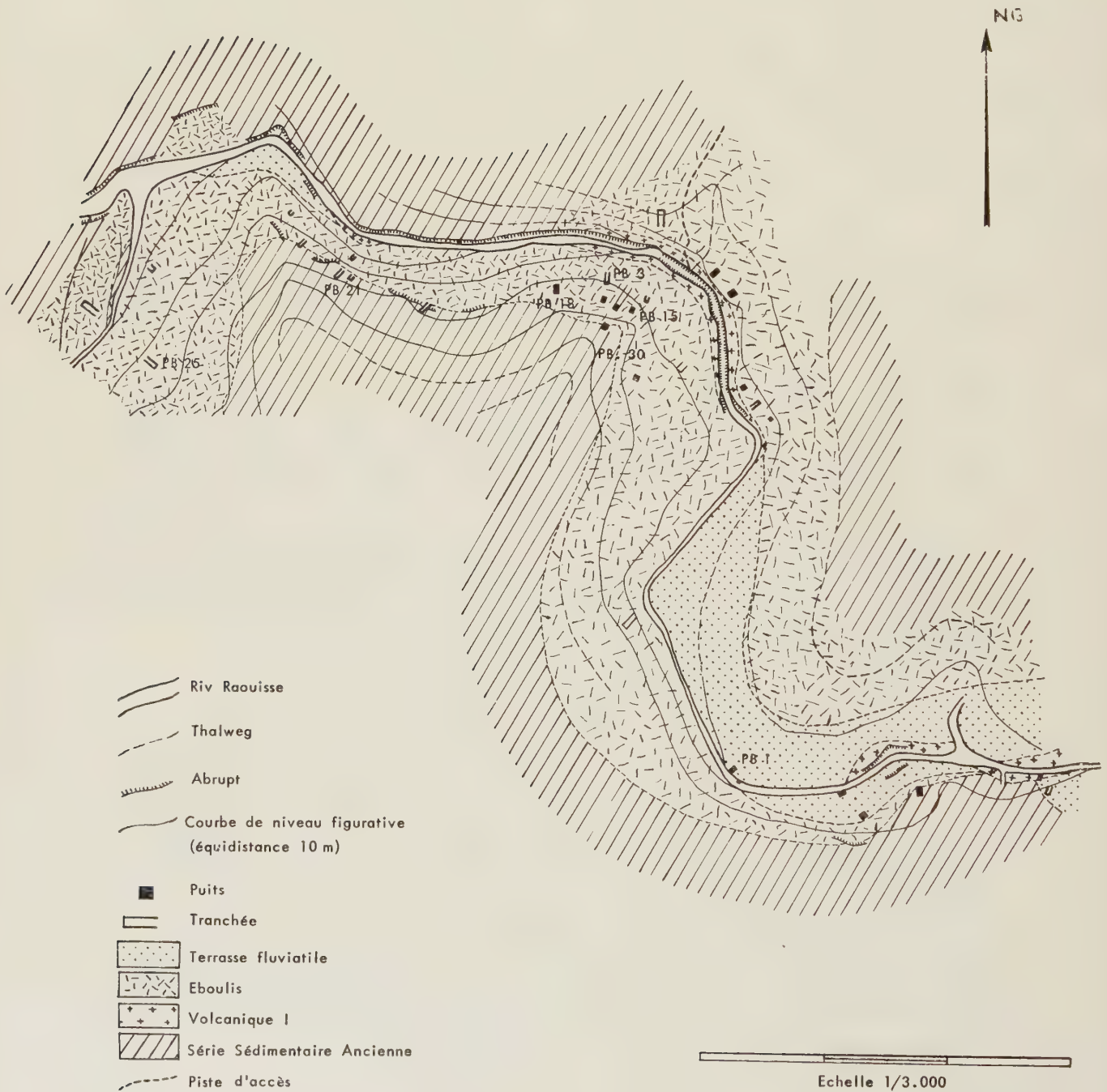


FIG 21

3,2.2 STATISTIQUES SOMMAIRES.

TRAVAUX	CHANTIERS			
	Raouisse Ponkilmonkip	Tanouaou	Immeus	Happyland
Durée : mois	4	3	2	1
Postes :				
Géologue	62	14	22	10
Prospecteur	116	57	47	21
Manœuvres	1.600	788	563	147
Puits :				
Nombre	21	4	12	52
Mètres	91	35	46	65
Cubage	207	131	60	72
Tranchées :				
Nombre	45	6	—	—
Cubage	303	107	—	—
Sondages à la tarière 80 mm :				
Nombre	45	—	23	17
Mètres	81	—	97	11

3,3 RÉSULTATS PRATIQUES OBTENUS A LA FIN DE LA PROSPECTION VOLANTE. APPLICATIONS IMMÉDIATES.

A la fin de cette première phase de travaux étaient acquis trois résultats à caractère économique :

- observations sur la nature de la minéralisation
- observations sur la localisation géographique des indices de manganèse
- classification économique des indices observés.

Il a donc été possible d'exécuter une prospection complémentaire sur les seuls types d'indices pouvant présenter un intérêt possible par leur extension et leur teneur.

3,3.1 OBSERVATIONS SUR LA NATURE DE LA MINÉRALISATION.

La seule minéralisation trouvée à Erromango pouvant être économiquement intéressante est la minéralisation en manganèse en place dans le Sédimentaire.

La limonite est une curiosité assez rare à la surface du Volcanique I altéré. Les concentrations en alumine ne sont jamais économiques. Par ailleurs quelques prélèvements pour phosphate faits dans les différents niveaux calcaires n'ont jamais été positifs.

3,3.2 OBSERVATIONS SUR LA LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES INDICES DE MANGANÈSE (se reporter à l'annexe 2).

Les indices trouvés dans le Volcanique sont rares et assez irrégulièrement répartis.

La carte des minéralisations montre, en revanche, des concentrations d'indices dans certaines zones favorisées du Sédimentaire et une stérilité quasi absolue dans d'autres. Toute la côte est et la côte ouest entre Pointe Christina et Baie Bunkel sont stériles.

Les zones sédimentaires comprises entre Ponalvat et Pointe Christina au Nord-Ouest et Baie Bunkel et Pointe Pilbarra au Sud-Ouest sont minéralisées. Des concentrations particulières d'indices s'observent à Raouisse, Tanouanou, Happyland, Baie du Sud, Immeus, Potnagnaï.

3,3.3 CLASSIFICATION DES INDICES DE MANGANÈSE SUIVANT LEUR INTÉRÊT ÉCONOMIQUE ET LEUR MODE DE GISEMENT (INDÉPENDAMMENT DE TOUTE THÉORIE GÉNÉTIQUE).

3,3.3.1 *Gîtes sans intérêt économique.*

- tous les indices dans le Volcanique
- enduits de parois, de joints et de diaclases en terrain sédimentaire
- colmatage de fissures dans les calcaires
- colmatage de cavités dans les calcaires : minerai assez pur, teneur 35 à 40 % Mn, mais extension quasi nulle
- imprégnation de certains niveaux des dépôts de Ponalvat : gîtes exigus où la minéralisation se présente sous forme diffuse dans certains niveaux finement détritiques.

3,3.3.2 *Gîtes pouvant présenter un intérêt économique.*

- Niveaux minéralisés discontinus dans certains calcaires et horizons finement détritiques de la Série Sédimentaire Ancienne.

Les exemples caractéristiques de ce type de gîte se trouvent à Happyland où ils forment la majorité des indices situés au sommet de la falaise II.

Les oxydes de manganèse imprègnent les calcaires qui deviennent brun foncé à noir. Dans le cas d'un niveau détritique, le manganèse se trouve sous forme exprimée (le plus souvent pulvérulent mais quelquefois finement cristallisé) entre les éléments détritiques (petits galets, minéraux broyés, fins débris coralliens) dont il forme tout ou une partie du ciment. Latéralement, ces niveaux minéralisés, puissants de 0,1 à 4 m, s'appauvrissent assez rapidement (en une cinquantaine de mètres) quand ils ne sont pas arrêtés par une faille.

La teneur du minerai est extrêmement variable. Elle est toujours faible dans les calcaires (5 à 20 % Mn, moyenne 8 %) mais peut atteindre de fortes concentrations dans les niveaux finement détritiques (40 à 52 % Mn).

- Minéralisation dans les dépôts argileux recouvrant le gradin II à Immeus :

Ce type de gîte, découvert à Immeus, n'a vraiment été connu qu'après la prospection détaillée.

La prospection volante et les premiers travaux ont mis en évidence la présence de blocs de minerai de manganèse massif (1 à 10 dm³) et d'amas lenticulaires de minerai pulvérulent épars dans tous les niveaux des dépôts argileux. Les puissances trouvées sont très variables (0,1 à 6 m) mais la qualité chimique du minerai est bonne :

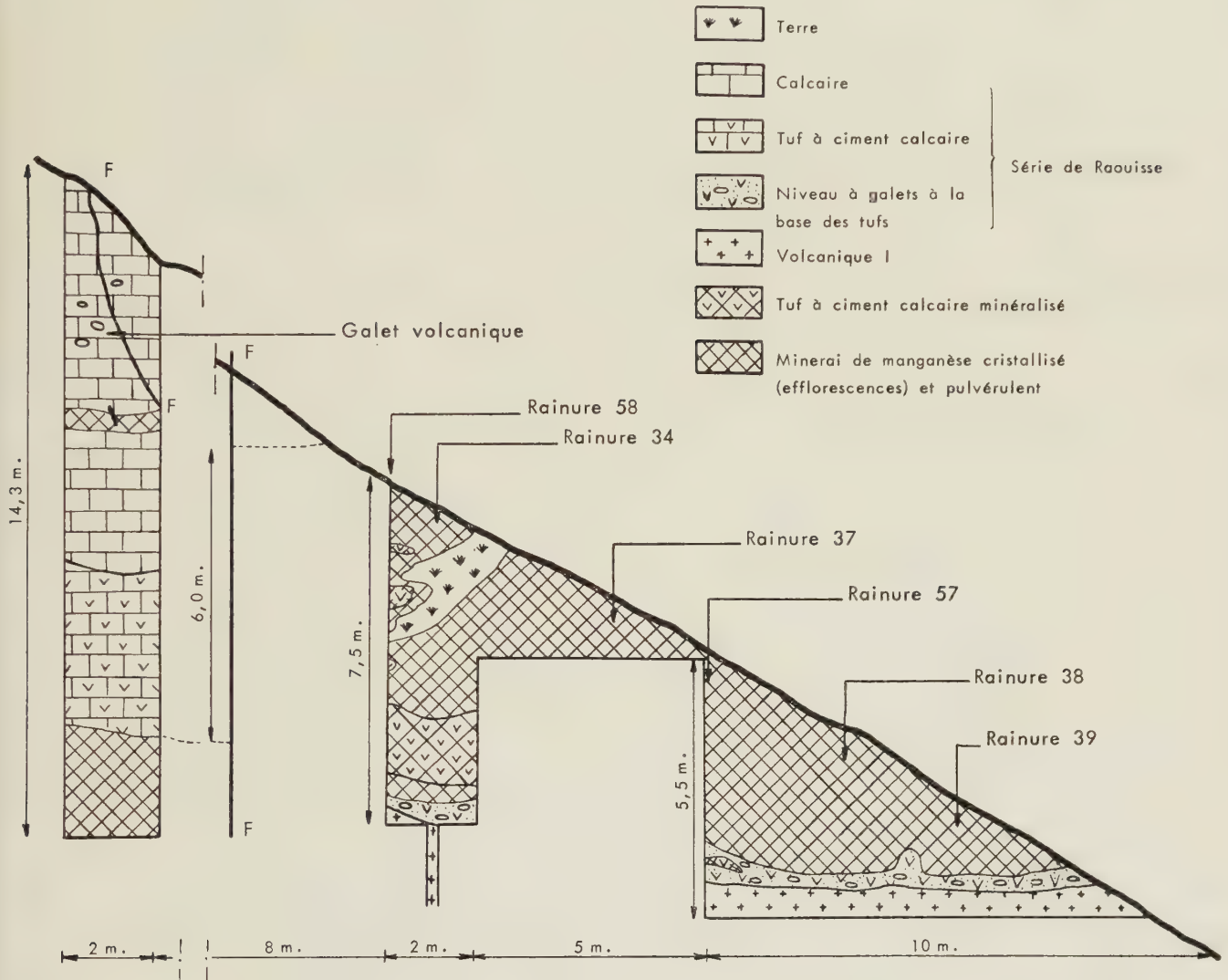
Mn	40,45 %	TiO ₂	Traces	CaO	2,90 %
P	Traces	SiO ₂	8,82 %	MgO	0,97 %
Fe	4,01 %	Al ₂ O ₃	8,27 %		

- Minéralisation au contact du Volcanique I dans la base détritique de la Série Sédimentaire Ancienne :

Ce type de minéralisation a été découvert à Raouisse (se reporter au plan fig. 21).

CHANTIER DE RAOUISSÉ

COUPE DE LA TRANCHEE PB.3 ET DU PUITS PB. 30



N° échantillon	Nature	Mn %	N° échantillon	Nature	Mn %
32	Terre et minéral cristallisé	36	39	Rainure	39
33	Minéral cristallisé	50	40	Tuf minéralisé	38
34	Rainure	45	57	Rainure	45
35	Terre de surface	29	58	Rainure	43
37	Rainure	50	59	Minéral cristallisé	43
			60	Tuf minéralisé	36

FIG. 22

La minéralisation de ce type n'a été trouvée pratiquement qu'à Raouisse entre les travaux PB1 et PB18 (fig. 22). La minéralisation imprègne tout ou une partie des tufs à ciment calcaire formant le mur de la Série Sédimentaire. Sa puissance atteint 6 m. Elle est nettement séparée des calcaires minéralisés du toit. Le minerai se présente le plus souvent sous forme pulvérulente englobant des rognons du minerai cristallisé et quelques rognons de silice. Sa teneur en manganèse est satisfaisante : 35 à 45 % Mn, mais la teneur en phosphore est prohibitive : 0,7 à 1,2 % :

Mn.	42,8	%	TiO ₂	0	CaO	7,7	%
P	1,2	‰	SiO ₂	5,2	MgO	1,2	%
Fe	1,3	‰	Al ₂ O ₃	2,5			

3,3.4 APPLICATIONS IMMÉDIATES.

Si on élimine les indices titrant habituellement moins de 20 % Mn et ceux dont l'extension est très limitée, il reste trois types de minéralisation dont le caractère économique n'est pas exclu.

Une prospection complémentaire a donc été décidée. Ses trois objectifs étaient les suivants :

- étudier le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne et voir s'il abrite des horizons détritiques minéralisés continus
- rechercher les gîtes type Immeus sur le gradin II
- rechercher les minéralisations au contact Volcanique I - Série Sédimentaire Ancienne.

3,3.4.1 Recherche des horizons détritiques minéralisés continus dans le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne.

- La prospection volante avait décelé des indices de ce type dans le Nord-Ouest de l'île et à Happyland. Des travaux complémentaires ont été menés dans ces deux régions par prospection au marteau.
- Dans le Nord-Ouest de l'île aucun nouvel indice n'a été trouvé. Tous les indices connus avaient moins de 20 m d'extension sur 2 m de puissance.
- A Happyland, un niveau minéralisé est interstratifié dans les calcaires, une dizaine de mètres en contrebas de la falaise II. Il s'agit ici de tufs à ciment calcaire englobant des petits galets volcaniques et des coraux brisés, minéralisés sur une partie de leur puissance (0,5 à 3 m) ou sur toute celle-ci. La minéralisation est pulvérulente, recristallisée secondairement sur place. Il arrive également que des calcaires francs du même niveau soient minéralisés. On a alors un minerai noir, très dur, formé de calcaire et d'oxyde de manganèse. La teneur de la minéralisation n'est pas continue dans tout le gisement. Elle varie de 0 à 25 % (sans tenir compte des enrichissements secondaires). Le niveau minéralisé est haché et morcelé. Il se retrouve à des altitudes très variables (rejet maximum observé : 100 m).

Malgré la multitude des indices en surface, la région d'Happyland ne présente donc pas d'intérêt économique. La continuité en profondeur de la minéralisation des tufs à ciment calcaire peut être mise en doute au même titre que l'extension latérale. Par ailleurs, la teneur faible et la tectonique interdisent tout espoir de rentabilité.

3,3.4.2 Recherche des minéralisations au contact de la Série Sédimentaire Ancienne et du Volcanique I.

A la suite des travaux faits à Raouisse le contact Sédimentaire-Volcanique a été revisité. La prospection complémentaire a essentiellement porté sur le Nord-Ouest de l'île et la côte ouest au Sud de Bunkel.

Au Nord-Ouest de l'île, le contact a rarement été retrouvé avec la netteté de celui observé à Raouisse et il n'a jamais été observé de minéralisation sauf à Tanouaou dans un conglomérat de base.

Au Sud-Ouest de l'île, le contact calcaire-Volcanique est assez souvent observable. Il est formé soit de calcaires francs, soit de calcaires conglomératiques et est toujours stérile.

Le gîte du type Raouisse apparaît donc comme une exception à Erromango. Avant que les travaux de détail sur l'indice eussent permis de mieux connaître le gîte, il était probable que la minéralisation au contact Sédimentaire-Volcanique n'était pas un phénomène général.

3,3.4.3 Recherche des gîtes type Immeus sur le gradin II.

Lorsque les puits faits à Immeus eurent suggéré que les blocs de minerai trouvés à la surface du gradin II n'étaient pas des éboulis d'une minéralisation en place dans les calcaires de la falaise, mais des témoins d'amas dans les formations argileuses sous-jacentes, une prospection spéciale de ces blocs a été entreprise.

Des indices nouveaux ont été ainsi trouvés à Leprumat, Ikao, Pounap et Potnagnaï. La prospection poussée au Nord jusqu'à Bunkel et au Sud jusqu'à Ifor n'a pas donné de résultats intéressants.

4 — TRAVAUX DE DÉTAIL

La prospection volante ayant permis de faire l'inventaire des indices minéralisés sur Erromango, puis de sélectionner par élimination successive les différents types de gîtes de manganèse reconnus, il restait en fin de travaux deux types d'indices présentant un intérêt économique possible.

IMMEUS

- amas lenticulaires de minerai de manganèse disséminés dans le recouvrement argileux du gradin II
- teneur en manganèse supérieure à 35 %
- minerai non phosphoreux
- extension concevable sur tout le gradin II depuis Baie du Sud jusqu'à Pilbarra.

RAOUISSÉ

- minéralisation observée isolément au contact Sédimentaire-Volcanique dans les travaux PB1, 3, 15, 16, 18, 30
- teneur en manganèse supérieure à 35 %
- minerai phosphoreux
- extension inconnue. La figure schématise les deux hypothèses avancées avant les travaux de détail.

Hypothèse 1 : lentille de Mn en bas de pente sans extension souterraine importante.

Hypothèse 2 : minéralisation locale plus ou moins continue dans le faciès de transgression de la Série de Raouisse. Cette seconde hypothèse permettait l'espoir d'une extension peut-être importante du gîte sous la Série de Raouisse. Elle se trouvait partiellement confirmée par l'existence d'une faille décalant la minéralisation entre PB3 et PB30.

Il n'était pas possible de pousser plus avant l'étude de l'indice Raouisse sans mettre en œuvre des moyens nouveaux. Les puits de recherche exécutés jusqu'alors avaient atteint la profondeur de 15 m et il n'était guère concevable de penser aller plus loin de façon économique avec le personnel et le matériel dont on disposait sur place. La suite de la prospection nécessitait des travaux de mine ou de sondage. Une campagne de sondages a finalement été projetée et, en attendant le matériel et l'exécution des travaux préliminaires, la prospection détaillée des gîtes du type Immeus a été entreprise.

La suite du paragraphe a pour but de donner un aperçu sur les travaux entrepris et sur les résultats finaux obtenus. Toutes les observations faites à l'occasion de cette prospection seront exposées dans le chapitre « Métallogénie ».

4,1 ÉTUDE DÉTAILLÉE DES INDICES EN PLACE DANS LES FORMATIONS ARGILEUSES RECOUVRANT LE GRADIN II — CHANTIER IMMEUS-POTNAGNAÏ.

4,1.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DES TRAVAUX.

Quatre activités ont été menées plus ou moins parallèlement :

- un complément d'étude géologique
- une étude détaillée du gîte d'Immeus par puits et sondages à la tarière à main
- une étude du gîte de Potnagnaï par puits et sondages à la sondeuse Conrad
- une prospection à maille de 250 m environ à la tarière à main entre Baie du Sud et Potnagnaï.

4,1.2 MATÉRIEL DISPONIBLE.

La Mission disposait sur place du matériel suivant :

- 1 sondeuse Conrad
- 1 compresseur Spot-Air
- tarière à main de 60, 80, 175 mm
- pelles, pioches
- matériel de campement.

4,1.3 TRAVAUX PRÉLIMINAIRES.

Les travaux préliminaires ont été assez courts. Ils ont consisté en :

- Débroussage et layonnage des emplacements de chantier et création d'un chemin d'accès pour porteur.
- Démontage de la sondeuse. Transport à main, après débarquement, de Immeus à Potnagnaï. Remontage.

4,1.4 STATISTIQUES.

TRAVAUX	CHANTIERS		
	Immeus	Potnagnaï	Prospection Baie du Sud Pounip
Surface couverte : ha	8	9	100
Layons ouverts : km	2,28	0,75	p. m.
Puits :			
Nombre	34	8	7
Avancement : m ³	134,8	30,1	13,6
Cubage : m ³	545	118	34
Tranchées :			
Nombre	1		
Cubage : m ³	102		
Sondages tarière :			
Nombre	141		102
Avancement : m	157		377,2
Sondages Conrad :			
Nombre		16	
Avancement : m		102,6	

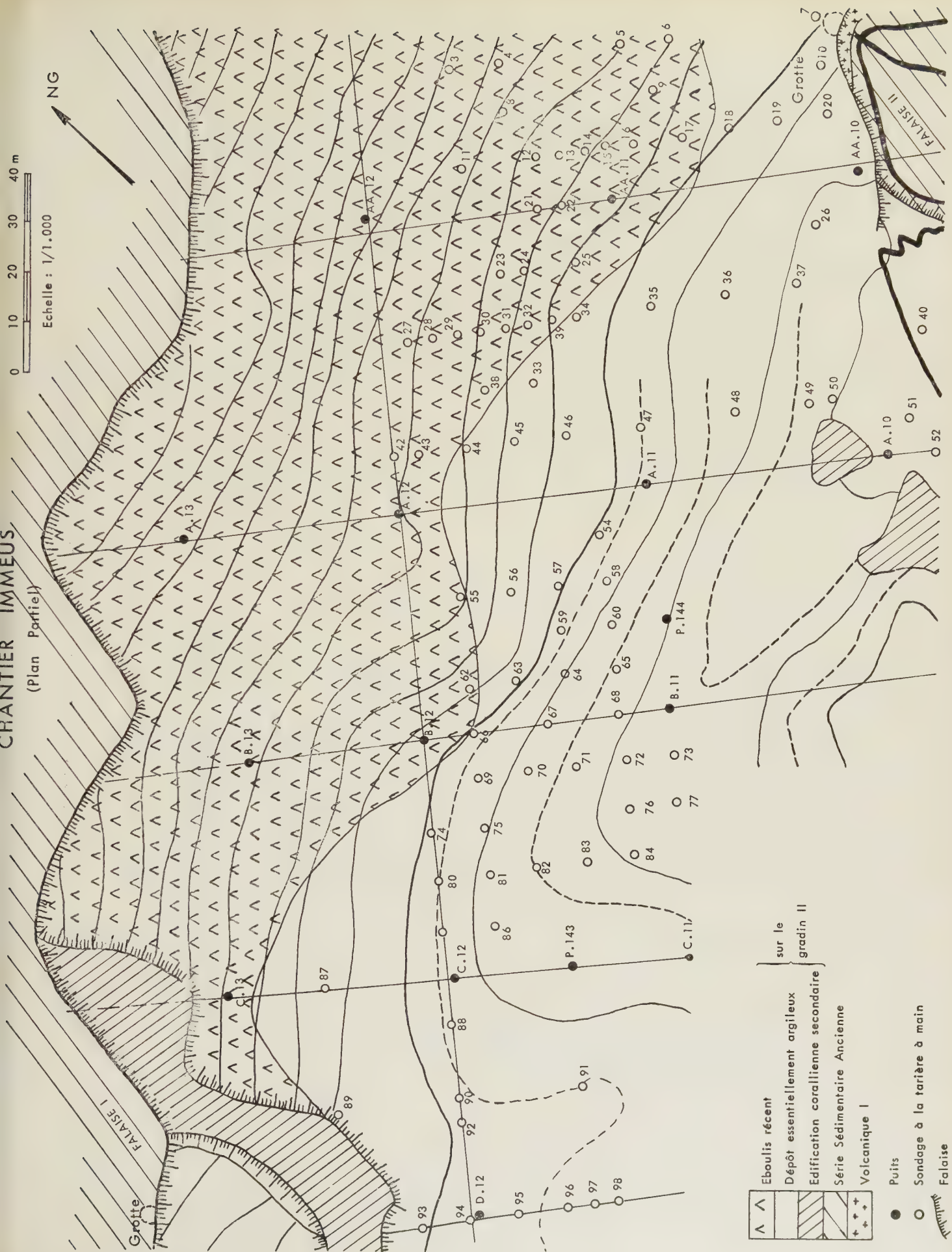


FIG. 23

4,1.5 REPÉRAGE DES TRAVAUX (cf. fig. n° 23).

Si l'emplacement de l'ouvrage coïncide avec la maille du layonnage, l'ouvrage est repéré par cette maille : exemple puits C12 à Immeus.

Si l'ouvrage est indépendant de la maille, il est numéroté par son ordre de position en allant du Sud au Nord du chantier : exemple sondage tarière ST102.

Tous les travaux ont été repérés sur des plans dont la figure n° 23 est un exemple partiel au 1/1 000. Elle représente sur le fond géologique de chantier à Immeus les emplacements des différents puits et sondages à la tarière.

4,1.6 QUELQUES MOTS SUR LE MATÉRIEL EMPLOYÉ.

Rappelons que les conditions de travail étaient très pénibles : débarquement à Immeus très difficile, falaises abruptes, pluies continues et personnel autochtone inexpérimenté. Trois outils se sont révélés à l'usage comme particulièrement satisfaisants et efficaces.

Le Spot-Air, compresseur portatif, s'est montré suffisamment robuste. Sa puissance, avec un seul marteau, est satisfaisante et son peu de poids a particulièrement été apprécié lors des nombreux transports à dos d'homme.

La sondeuse à battage Conrad PP, moteur Bernard, s'est révélée efficace malgré sa rusticité. Son grand intérêt a été de pouvoir être maniée par un prospecteur inexpérimenté en sondage et totalement démontée et remontée, lors du transport, sans connaissances particulières.

Parmi les tarières à main employées, celle ayant un diamètre de 175 m/m présente les avantages suivants :

- pas trop lourde
- échantillons ramenés plus représentatifs car le bourrage est difficile
- galets de 5 à 7 cm assez facilement remontés
- trépanage possible sans grand risque d'éboulement du trou.

4,1.7 RÉSULTATS OBTENUS.

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de calculer les tonnages disponibles. Seules seront retenues les caractéristiques de la minéralisation type « Immeus ».

Au Sud-Ouest d'Erromango se trouve, sur le gradin II, un dépôt essentiellement argileux minéralisé en manganèse. Sa puissance moyenne est de l'ordre de 4 m.

L'ensemble de ce dépôt est faiblement minéralisé (4 à 15 %), mais des zones plus favorisées offrent des concentrations lenticulaires de minerai pauvre (25 % en moyenne) englobant elles-mêmes des lentilles de minerai riche (40 à 48 % Mn, 0 à 0,17 de phosphore).

Les lentilles riches ont une puissance variable : 1 à 6 m, une extension variable (150 m maximum). Elles sont discontinues et réparties sur toute la hauteur du dépôt argileux. Les lentilles pauvres les entourant ont une extension limitée.

Des concentrations notables de ce type sont à signaler à Leprumat, Ikao, Immeus, Pounip, Potnagnaï, mais il est possible qu'il en existe d'autres, la prospection à la tarière hors des chantiers de Immeus et Potnagnaï ayant été faite à la maille de 250 m.

4,2 CHANTIER DE RAOUISSE.

Etude par sondages et géophysique de l'extension de l'indice découvert en PB3 - PB30.

4,2.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DES TRAVAUX.

4,2.1.1

- travaux préparatoires à la campagne de sondages
- création d'une piste d'atterrissage gazonnée
- création d'une piste Dillon-Raouisse

- édification de cases en matériel léger pour loger les familles des agents et abriter le matériel
- réception du matériel à Dillon ; acheminement de Dillon à Raouisse
- création d'une station de pompage dans la rivière Tanouaou.

4,2.1.2 Campagne de sondages.

4,2.1.3 Campagne de géophysique.

4,2.2 MATÉRIEL EMPLOYÉ.

Pour les travaux d'accès, la mission disposait du matériel suivant :

- un angle-dozer Continental CD6
- deux power wagons
- une land-rover
- un compresseur léger Spot-Air
- un compresseur « Cyclone »

Sont arrivés par la suite :

- une sondeuse Joy 12 A/B
- une sondeuse Joy 22 H/D
- trois pompes Mindrill 1200
- un camion Mercedes 5 t
- une jeep légère Haflinger.

4,2.3 TRAVAUX PRÉPARATOIRES.

4,2.3.1 Piste d'atterrissage gazonnée.

- pour avion léger (longueur 600 m).

Elle a servi au transport du matériel léger urgent, au ravitaillement des familles, au recrutement, aux évacuations sanitaires, au transport de personnel. Réalisation de septembre à octobre 1960.

Le bull CD6 s'est montré suffisamment puissant pour le terrassement et le nivelage, mais incapable d'abattre les arbres, des gaïacs. Chaque arbre a été dynamité et brûlé (le dynamitage par charge légère au pied de l'arbre déchaussait le gaïac et le fendait, ce qui facilitait la combustion).

4,2.3.2 Piste routière Dillon-Raouisse avec embranchements vers les points d'eau.

Cette piste de 31,8 km a été tracée et ouverte en novembre-décembre 1960. Son tracé a été choisi en fonction d'une réalisation rapide (le moins possible de déboisement et de terrassement). Son caractère provisoire, une voie d'accès directe étant prévue de Baie Elisabeth, l'a rendue difficile à pratiquer et à entretenir par temps de pluie.

4,2.3.3 Cases pour loger les familles des agents et abriter le matériel.

Elles ont été édifiées en matériel léger (panneaux d'isorel peint montés sur cadres de bois - dalle en ciment - toit en tôle) et groupées :

- à Dillon : prospecteurs - chauffeurs
- à Numpon : chef de mission - sondeur - mécanicien.

4,2.3.4 Réception du matériel à Dillon. Acheminement de Dillon à Raouisse.

Vu le peu de volume utile que peut transporter un power-wagon, ce travail s'est étalé sur deux mois.

4,2.3.5 Création d'une station de pompage dans la rivière Tanouaou.

L'eau s'infiltrant très vite dans le Volcanique altéré et les calcaires, la Raouisse ne coule pratiquement qu'après les très gros orages ;

La création d'une station de pompage dans un trou d'eau de la Tanouaou a donc été nécessaire. Le refoulement à Raouisse a nécessité, outre une pompe Mindrill, la pose de 3 796 m de tuyauterie et la création d'un réservoir cimenté de 50 m³.

Les grosses pluies tombées en 1961-1962, si elles ont été la cause d'un incessant travail d'entretien sur la piste, ont, par contre, alimenté sans défaillance le trou d'eau de la Tanouaou.

4,2.4 CAMPAGNE DE SONDAGES.

4,2.4.1 *Statistiques* (deux sondages exécutés à Tanouaou après mon départ ne sont pas cités ici).

Nombre : 14

Total mètres forés : 1 500 m environ.

SONDEUSE	SONDAGE	AVANCEMENT CALIBRE				LONGUEUR TOTALE
		4 "	N X	B X	A X	
Joy 12 A/B	G 3	3,10		22,20		23,10
—	G 4		3,00	45,15		48,15
—	G 7	3,10	44,75	43,65	14,25	105,75
—	J 7	1,60	38,85			40,45
—	D 7	3,10	46,30	30,40		79,80
—	G 11	3,10	37,70	22,20		63,00
—	C 11	3,10	34,60	65,80	56,10	159,60
—	BB 11	3,10	96,65	58,45	46,20	204,40
—	FF 11	3,00	77,45	101,10	39,00	220,55
—	BB 7	3,00	74,45	82,45		159,90
Joy 22 H/D	C 15	3,10	72,65			75,75
—	A 15	2,85	103,20			106,05
—	BB 15	1,50	121,05			122,55
—	G 02					90 m. env.

Longueur forée par poste : 4,80 à 14,70 m avec une moyenne de 8 mètres.

4,2.4.2 Repérage des travaux.

Le layonnage a été repéré suivant une maille de 50 m dont le layon de base (layon G) prolonge la direction des prospectes PB3 - PB30.

Les sondages, implantés au fur et à mesure des résultats sur les nœuds de cette maille, sont distribués en gros sur un réseau de 200 m de ce côté. Ils sont reportés sur la carte de chantier (fig. n° 24).

4,2.5 CAMPAGNE DE GÉOPHYSIQUE.

L'interprétation des huit premiers sondages avait suggéré l'existence d'un relief volcanique (ennoyé par la transgression de Raouisse) comprenant notamment un gradin à l'aplomb duquel était localisée la minéralisation recherchée.

CHANTIER DE RAOUISSE

ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE ET EMBLEMES DES TRAVAUX



Echelle 1/10.000

FIG. 24

Il a donc été fait appel à la géophysique pour repérer les contours du gradin fossile et éviter les sondages inutiles.

Ce travail a été mené entièrement par mon camarade R. MILLON qui a fait les essais préliminaires, dirigé les travaux et assuré l'interprétation.

4.2.5.1 Méthodes choisies.

Vu l'appareillage sur place à Nouméa, il a été fait appel au magnétisme et à la résistivité :

- Magnétisme : l'andésite ayant a priori une susceptibilité magnétique supérieure (quoique très variable) à celle des calcaires et tufs à ciment calcaire, on pouvait espérer avoir une anomalie au passage du relief (falaise ?) séparant le plateau supérieur du gradin (plage perturbée au-dessus de la falaise, zone plus calme au-dessus de la plate-forme si les sédiments sont suffisamment épais pour masquer l'influence de l'andésite).
- Résistivité : la falaise pouvant être décelée par traînées de résistivité et la profondeur du socle andésitique déduite de sondages électriques.

4.2.5.2 Résultats obtenus par magnétisme.

Le tracé des isoanomaies ne montre pas d'anomalies pouvant être attribuées à la falaise.

Le socle andésitique a une anomalie négative (magnétisme rémanent plus fort et en sens inverse du magnétisme induit provoqué par le champ magnétique terrestre actuel. L'affaiblement minéralisé donne une anomalie magnétique positive.

4.2.5.3 Résultats obtenus par sondages électriques.

L'évaluation de la profondeur du toit de la série andésitique n'est pas satisfaisante.

Cela est dû à ce que :

- La profondeur du socle est souvent supérieure à 30 m (profondeur limite indiquée par les essais préliminaires), et le diagramme comporte plus de trois terrains.
- Ce n'est pas le toit de la série de Navwolu qui est repéré, mais celui de la première coulée interstratifiée dans le Volcanique remanié.
- La comparaison des diagrammes avec ceux des essais témoins faits à l'emplacement de sondages mécaniques est aléatoire.

4.2.5.4 Résultats obtenus par profils de résistivité.

- Une barre résistante (200 à 700 Ω /m) a été décelée à la limite géographique, côté mer, du gradin. Sa largeur serait de 20 à 40 m et sa hauteur d'une cinquantaine de mètres. Cette barre résistante pourrait être due à un ancien récif barrière placé, ce qui est normal, à la limite du gradin, là où le socle andésitique commence à descendre vers la mer. Cette observation permet de limiter la plate-forme côté mer.
- Les anomalies caractéristiques du relief surplombant le gradin côté terre ne reflètent pas la coupe théorique d'une falaise (courbe régularisée se ramenant à deux parallèles horizontales réunies par une courbe avec point d'inflexion). La jonction se fait par une série de dents de scie irrégulières. Cela peut se traduire par le fait que le raccord s'accomplit par une forte pente comprenant plusieurs ressauts ou parce que des masses calcaires irrégulières à forte résistance sont accolées à ce relief (anciens récifs frangeants et têtes de nègres isolées).

4.2.6 PRINCIPALES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES.

Outre les problèmes matériels posés lors de l'acheminement global de Dillon à Raouisse de la sondeuse et de ses accessoires, des conduites d'eau, de l'outillage ou du campement, les difficultés rencontrées tout au long des travaux ont été causées par :

COUPES INTERPRETATIVES DU GITE DE RAOUISSE

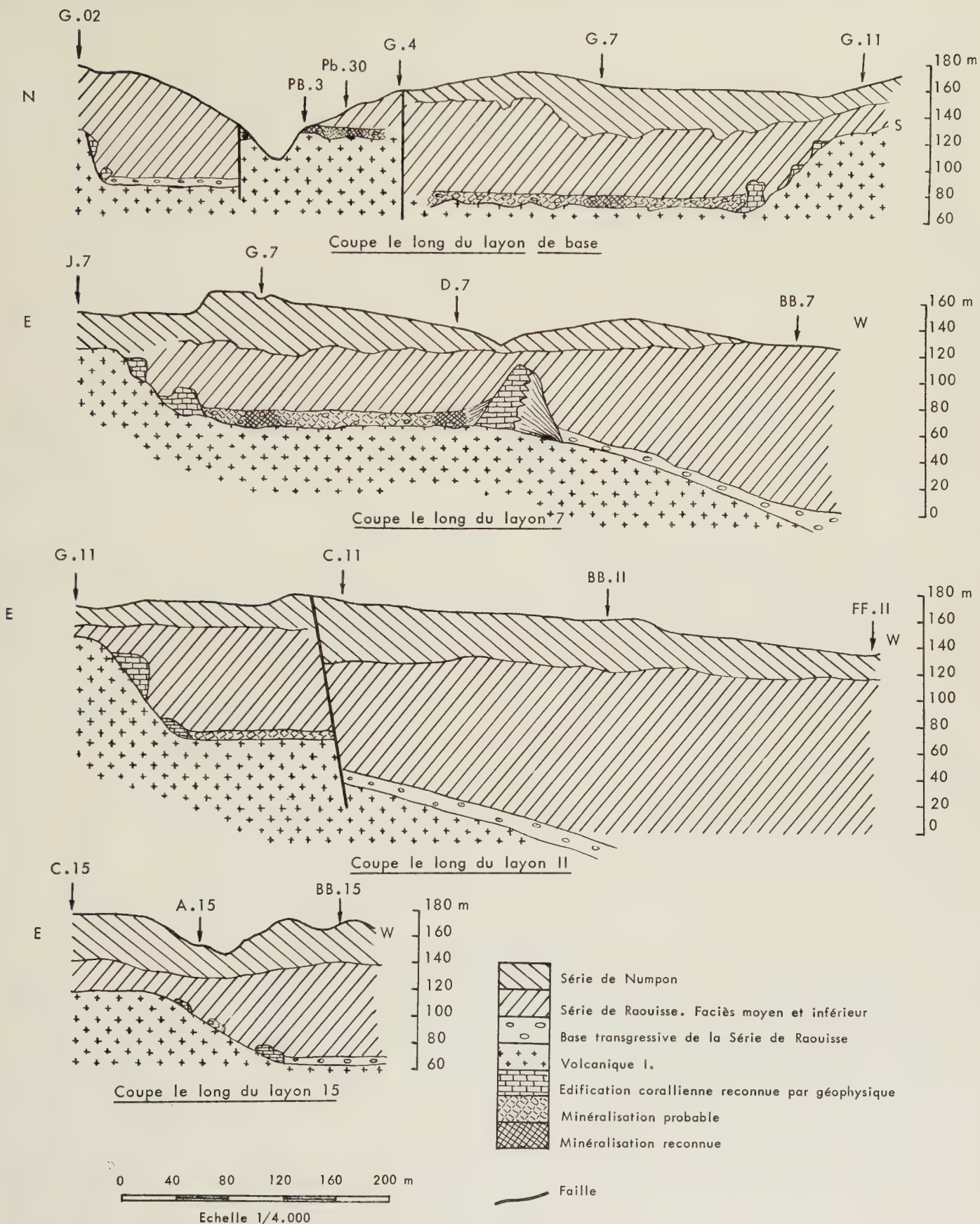


FIG. 25

GITE DE RAOUISSE

INTERPRETATION DES TRAVAUX DE SURFACE, DES SONDAGES ET DE LA GEOPHYSIQUE

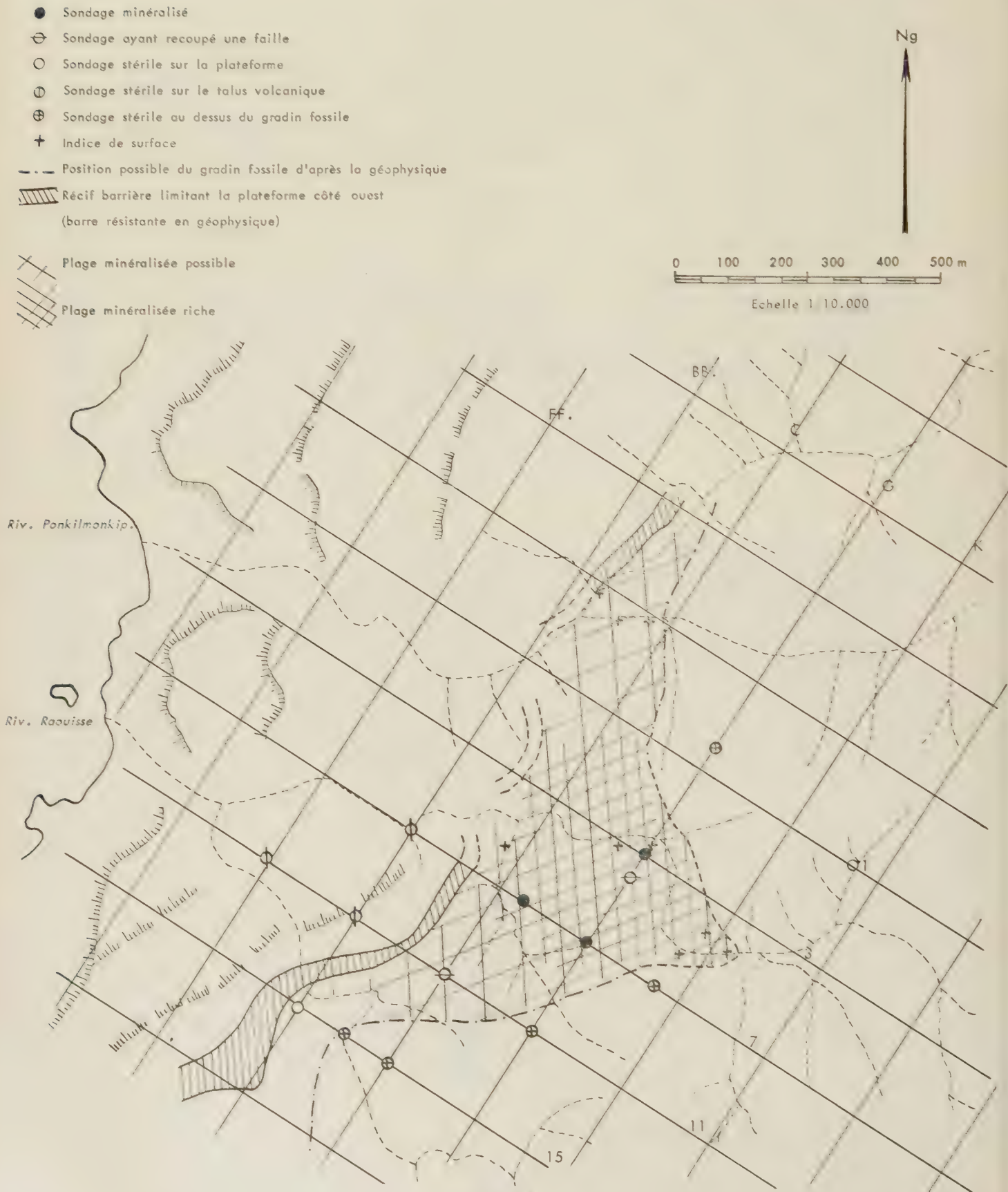


FIG. 26

- l'entretien des voies d'accès
- l'entretien du matériel roulant
- les difficultés de liaison Raouisse-Numpon et Numpon-Port Vila-Nouméa.
- l'inefficacité et l'absentéisme de la main-d'œuvre locale préposée aux sondages.

4.2.7 RÉSULTATS OBTENUS.

D'après l'ensemble des travaux de prospection en surface, de sondage, de géophysique, le gîte de Raouisse apparaît comme localisé dans des tufs à ciment calcaire représentant le faciès transgressif de base de la Série Sédimentaire Ancienne. Les seuls tufs minéralisés sont ceux qui se trouvent à l'aplomb d'un gradin entaillé dans le Volcanique I limité à l'Ouest par un récif barrière et à l'Est par une falaise (ou une série de ressauts) sur laquelle s'appuient des récifs frangeants intermittents.

A l'affleurement, la puissance minéralisée varie de 4 à 6 m avec une teneur moyenne de 35 à 45 % Mn et 0,7 et 1,2 % P.

Lorsque l'on s'éloigne du prospect PB3 transversalement à la Raouisse, la puissance minéralisée semble croître légèrement mais la teneur en Mn diminue alors que la teneur en P reste prohibitive. En BBII, à 600 m de la Raouisse, la minéralisation a totalement disparu.

A la fin des travaux le gîte est apparu comme une minéralisation lenticulaire unique dont l'allure est donnée par les coupes et la carte jointes (fig. 25 et 26).

5 — CONCLUSION GÉNÉRALE SUR LA PROSPECTION

5.1 Au début des travaux, la prospection sur Erromango n'était pas limitative au seul minerai de manganèse. Cependant la prospection volante a montré très rapidement qu'aucune minéralisation économique courante ne pouvait se trouver au marteau dans le Volcanique et que les seuls indices de minéralisation dans le Sédimentaire étaient des indices de manganèse. Les observations faites lors du levé de la carte géologique ont d'ailleurs confirmé cette opinion.

5.2 Un inventaire des indices de manganèse a tout d'abord été réalisé grâce, en partie, à la bonne volonté des indigènes. Associé aux résultats de l'étude plus détaillée de quatre indices apparemment importants il a permis :

- De délimiter deux zones minéralisées sur la côte Ouest : zone Ponalvat à Christina et zone Bunkel-Pilbarra.
- De définir les différents types de gîte trouvés dans le Sédimentaire de ces deux zones.
- D'entreprendre une prospection complémentaire axée sur la recherche de gîtes :
 - .. Type Happyland (minéralisation de certains calcaires et horizons détritiques de la Série Sédimentaire Ancienne).
 - .. Type Immeus (minéralisation dans les dépôts argileux du gradin II).
 - .. Type Raouisse (minéralisation dans le faciès transgressif de la Série Sédimentaire Ancienne).

5.3 A la fin de cette première phase de travaux, les différentes observations avaient montré que les seuls indices pouvant avoir un intérêt économique étaient l'indice d'Immeus avec ses homologues (gîtes dans les dépôts argileux recouvrant le gradin II) et l'indice isolé de Raouisse. Ces deux types de gîte ont alors été étudiés en détail : le premier par puits, sondages Conrad, sondages tarière ; le second par sondages diamant. Les deux chantiers ont permis de se faire une idée assez exacte du tonnage disponible et de la qualité de la minéralisation. Il s'agit, sur le gradin II comme à Raouisse, de gîtes très étroits ayant une extension latérale très limitée :

5,3.1 GITES LENTICULAIRES DANS LE DÉPÔT ARGILEUX RECOUVRANT LE GRADIN II ENTRE BAIE DU SUD ET PILBARRA.

- Ensemble du dépôt argileux faiblement minéralisé (puissance 4 m ; Mn : 4 à 15 %).
- Présence de grains de blocs et de lentilles de minerai souvent pulvérulent disséminés dans la masse des argiles, à tous les niveaux.
- Longueur des lentilles riches inférieures à 150 m.
- Teneur en manganèse 40 à 48 %. Teneur en phosphore 0 à 0,17 %.

5,3.2 GITE DE RAOUISSE.

- Localisation dans la base transgressive tuffeuse de la Série de Raouisse à l'aplomb d'un gradin entaillé dans le Volcanique I (largeur de l'ordre de 200 m).
 - Puissance 4 à 6 m.
 - Extension restreinte de part et d'autre du cours actuel de la Raouisse (inférieure à 600 m).
 - Teneur en manganèse : 50 à 25 %, décroissante lorsqu'on s'éloigne de la Raouisse.
Teneur en phosphore : 0,7 à 1,2 %.
-

CHAPITRE VII

MÉTALLOGÉNIE

1 — INTRODUCTION

Après un bref aperçu sur les minéralisations sans intérêt économique trouvées sur Erromango (pyrite, limonite, alumine), ce chapitre concerne exclusivement le minerai de manganèse.

Les études de laboratoire citées ont été faites au B.R.G.M., essentiellement par MM. J. BOULADON et R. GAUTIER. Elles ont fait appel aux techniques suivantes :

- analyse chimique
 - diffractométrie
 - minéralogie sur lames minces
 - minéralogie sur sections polies.
- Ce chapitre comprendra quatre paragraphes :

- observations de terrain
- observations de laboratoire
- essai sur les genèses des différents types de gîtes
- conclusion.

2 — OBSERVATIONS DE TERRAIN

2,1 MINÉRALISATIONS OBSERVÉES DANS LE VOLCANIQUE, AUTRES QUE LE MANGANESE.

2,1.1 PYRITE.

La pyrite a été trouvée un peu partout dans les différentes séries volcaniques sous forme de mouches disséminées associées aux coulées et aux tufs peu remaniés. Elle est un peu plus abondante dans les Volcaniques Moyen III et Récent IV, mais sa concentration reste faible et dépasse très rarement une dizaine de mouches dans un bloc de 1 dm³. Il n'a jamais été observé de filonets de pyrite.

2,1,2 MINÉRALISATIONS LIÉES A L'ALTÉRATION LATÉRITIQUE.

La limonite se trouve en petits blocs épars à la surface de certaines zones privilégiées (Est de la Baie Elisabeth, région de Nuvilki). Elle ne forme jamais une carapace homogène et continue. Les pseudomorphoses d'anciennes racines en limonite sont courantes. L'analyse d'un échantillon caractéristique a donné :

Fe	47,07 %	SiO ₂	13,45 %	MgO	0,69 %
Mn	0,65 %	Al ₂ O ₃	11,43 %		
P	Traces	TiO ₂	0,23 %		

L'enrichissement en fer, titane, alumine a été étudié dans la zone Navwolu-Rivière Efel par douze sondages à la tarière à main cités dans le chapitre « Prospection ». Un enrichissement notable en Fe, Al₂O₃ + TiO₂, est noté chaque fois par rapport à la teneur courante d'une andésite ou d'un basalte. Cependant la roche altérée ne constitue jamais un minerai. Les trente-six analyses donnent des pourcentages variant entre les chiffres suivants :

%	PRÉLÈVEMENT		
	Sommet	Base	Centre
Fe	10,4 à 19,8	9,9 à 17,4	8,0 à 20,2
Al ₂ O ₃ + TiO ₂	11,3 à 26,9	9,1 à 26,3	10,7 à 20,9

Statistiquement les plus fortes teneurs en Fe se trouvent en surface, mais les plus fortes teneurs en Al₂O₃ + TiO₂ se répartissent entre la surface et le contact du bed-rock. En règle générale les enrichissements sont les plus faibles au centre de la masse altérée. La teneur en TiO₂ est toujours faible : 0,25 à 0,93 %.

2,2 MINÉRALISATIONS OBSERVÉES DANS LE SÉDIMENTAIRE, AUTRES QUE LE MANGANESE.

Aucune minéralisation autre que le manganèse n'a été trouvée dans le Sédimentaire. Toutes les analyses pour phosphore sur certains niveaux de la Série Sédimentaire Ancienne ont été négatives. Cette remarque a son importance car le minerai de Raouisse, notamment, contient des traces de phosphore.

Il n'y a pratiquement pas de plages le long du littoral et les minéralisations liées aux plages de sables noirs (magnétite, ilménite, titanomagnétite...) sont ici inconnues, sauf à l'état de très modestes dépôts à Ponalvat et dans la Baie Cook.

2,3 MINÉRALISATION EN MANGANESE TROUVÉE DANS LES FORMATIONS VOLCANIQUES.

2,3,1 Il n'a été trouvé aucune minéralisation associée au Volcanique IV.

2,3,2 MANGANESE FILONIEN (s.s.) (1) : des gîtes de ce type sont cités dans les îles Vaté, Santo, Aurora, Banks. Il n'a rien été trouvé de tel à Erromango. Aucun galet minéralisé trouvé en rivière ne permet, par ailleurs, de soupçonner l'existence d'un gîte semblable.

(1) C'est-à-dire d'origine hydrothermale ou métamorphique.

2,3,3 MANGANÈSE LIÉ DIRECTEMENT A L'ALTÉRATION LATÉRITIQUE :

Il a été trouvé exclusivement dans les Séries volcaniques I et II.

La présence de manganèse s'observe sous forme de traces, salissures, menues cristallisations dans les joints des roches altérées en voie de latéritisation complète. La latéritisation conduit à une altération en boule du Volcanique. Ces boules se délitent en pelure d'oignon. La minéralisation se concentre entre chaque couche concentrique. L'étude macroscopique détaillée montre une abondance de salissures cernant les pyroxènes non totalement altérés.

2,3,4 MANGANÈSE DISSÉMINÉ DANS LES TUFS VOLCANIQUES.

Il s'agit, ici aussi, de traces de minéralisation. Dans la rivière Ponelimba, par exemple (dernier affluent rive gauche de la rivière Ponalvat) affleure une alternance de tufs volcaniques et de laves de la Série Volcanique Moyenne III. L'ensemble est peu altéré. Les niveaux tuffeux fins présentent sporadiquement une minéralisation diffuse en manganèse. Il s'agit ici encore de taches noirâtres, de salissures un peu plus denses au contact des niveaux imperméables (cinérite, lave, surface de diaclasses). Les grains de manganèse cristallisé sont rares, ils englobent d'autres cristaux cataclastiques. Les teneurs en manganèse sont toujours très faibles : 1 à 3 %.

De tels affleurements de tufs volcaniques minéralisés en manganèse ont été retrouvés dans les rivières Ponamlas et Pohenivé (Volcanique III), mais aussi dans le cours supérieur de la Raouisse (Volcanique I) et au Sud du Mont Welrum (Volcanique II).

2,3,5 MANGANÈSE IMPRÉGNANT CERTAINS NIVEAUX DES DÉPÔTS DE PONALVAT.

Les dépôts de Ponalvat sont, rappelons-le, des lambeaux résiduels des anciennes terrasses fluviales du Nord de l'île. Ils sont très exiguës. Il s'agit, à vrai dire, d'une formation sédimentaire, mais elle est en liaison directe avec le Volcanique III. C'est pourquoi elle est comprise dans ce paragraphe.

Une minéralisation en manganèse a été repérée sous forme diffuse dans certains niveaux finement détritiques. Le pourcentage en Mn atteint 30 % au cœur des concentrations, mais passe rapidement à 10 et 5 %. La puissance minéralisée ne dépasse jamais un mètre.

Dans les paragraphes précédents ont été décrites les minéralisations liées aux Volcaniques I, II et III. Elles ne présentent pas un intérêt majeur immédiat, mais les observations faites seront exploitées lors de l'étude sur l'origine du manganèse à Erromango. Les chapitres suivants auront pour but de décrire les minéralisations associées à différents niveaux du Sédimentaire :

- Série Sédimentaire Ancienne
- Dépôts argileux sur le gradin II au Sud de Baie du Sud
- Base transgressive de la Série Sédimentaire Ancienne à Raouisse.

2,4 MINÉRALISATION EN MANGANÈSE TROUVÉE DANS LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

2,4,1 CONDITIONS GÉOLOGIQUES.

Une restriction géographique est à rappeler tout d'abord. La Série Sédimentaire n'est minéralisée que sur la côte ouest de l'île, entre la Rivière Ponalvat et la Pointe Christina et entre la Baie Bunkel et la Pointe Pilbarra.

Au Nord-Ouest, dans la zone Ponalvat-Christina, la Série Sédimentaire Ancienne se présente comme un ancien récif frangeant accolé au Volcanique Ancien I. A l'extrême Nord (Ponamlas-Ponalvat), le Volcanique Moyen III vient au contact du Sédimentaire. L'ensemble du Sédimentaire est basculé en bord de mer par petits panneaux de moins en moins pentés vers l'intérieur de l'île.

Au Sud-Ouest, dans la zone Bunkel-Pilbarra, la Série Sédimentaire Ancienne représente un ancien récif barrière. La formation de Rautor (alluvions ayant comblé l'ancien lagon) sépare cette série du Volcanique II vers Happyland et du Volcanique I au Sud de ce village.

La coupe de la série comprend, de bas en haut :

- Un faciès de base transgressif.

Il est toujours détritique dans le Nord-Ouest de l'île. A Raouisse, il est formé par des tufs à ciment calcaire, à Tanouaou par un conglomérat à éléments volcaniques et ciment calcaire. Sa puissance varie de 0,5 à 10 m. Dans le Sud-Ouest de l'île, ce faciès n'existe pas toujours sous cette forme. Le faciès tuffeux est inconnu. Les conglomérats s.s. sont rares, mais les calcaires conglomératiques englobant des galets volcaniques sont assez courants.

- Une zone moyenne à caractère détritique : elle est formée d'une alternance de calcaires construits, de tufs à ciment calcaire, de passées conglomératiques à galets volcaniques, de formations de plage. Sa puissance varie avec la pénétration de la transgression. Elle est de 150 m environ.

- Une zone supérieure : elle est essentiellement formée de calcaires coralliens. Les passées tuffeuses ou sableuses sont rares. La puissance résiduelle est fonction de l'érosion. Elle varie de 0 à 175 m.

Sur cette Série Sédimentaire Ancienne ont été mis en place ultérieurement les dépôts de Numpon et des placages coralliens récents.

2.4.2 MINÉRALISATION EN NIVEAUX DISCONTINUS DANS CERTAINS BANCS CALCAIRES ET HORIZONS FINEMENT DÉTRITIQUES.

Cette minéralisation a été observée dans les environs de Raouisse, à Tanouaou, dans la région d'Happyland et, sporadiquement, au Sud de ce village jusqu'à la pointe Pilbarra.

Il s'agit toujours d'une imprégnation assez irrégulière d'une roche encaissante : calcaire ou tuf à ciment calcaire. Les calcaires sont souvent microbréchiques. La minéralisation semble liée à un faciès faiblement détritique et absolument pas à un niveau stratigraphique de la Série Sédimentaire Ancienne. Les teneurs sont très variables d'un affleurement à un autre. Dans les calcaires elles sont toujours faibles, inférieures à 20 % ; dans les tufs elles peuvent exceptionnellement atteindre 45 %. Les puissances minéralisées sont également irrégulières ; elles dépassent rarement trois mètres.

A l'embouchure de la Raouisse (Pointe Iorup) s'observe un tuf minéralisé, penté, à teneur de 25 % Mn, interstratifié entre un conglomérat et des calcaires. Dans le chantier de Raouisse, le prospect PB21 a mis à jour un bel exemple d'une minéralisation de même type (fig. 27). Il s'agit d'un banc calcaire imprégné d'oxyde de manganèse, englobant de petites lentilles tuffeuses dans lesquelles la minéralisation est plus concentrée. Les calcaires coralliens francs formant le toit et le mur sont parfaitement stériles. Le niveau minéralisé est décalé par failles et disparaît une dizaine de mètres plus loin. Sa position stratigraphique se trouve au mur de la zone moyenne détritique.

A Tanouaou, au toit de la base transgressive, s'observe un tuf à ciment calcaire englobant de rares galets volcaniques, irrégulièrement minéralisé. La minéralisation imprègne une partie du ciment. Elle atteint 20 % sur une puissance de 1,20 m, mais diminue très rapidement latéralement (fig. 28). Le manganèse se trouve sous forme exprimée, le plus souvent pulvérulent, mais quelquefois finement cristallisé entre les petits éléments détritiques qu'il moule plus ou moins (petits galets, minéraux broyés, fins débris coralliens). Le mur et le toit calcaires sont stériles. Le premier niveau calcaire du toit, au contact des tufs contient quelques galets minéralisés remaniés de la couche sous-jacente. Au sommet de la zone supérieure de la Série Sédimentaire Ancienne des calcaires minéralisés bruns à noirs sont assez souvent rencontrés. Leur puissance est de 2 m. Leur teneur est toujours faible et ils sont extrêmement fracturés.

MINÉRALISATION EN NIVEAUX DISCONTINUS DANS CERTAINS BANCS CALCAIRES ET HORIZONS
FINEMENT DÉTRITIQUES DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE

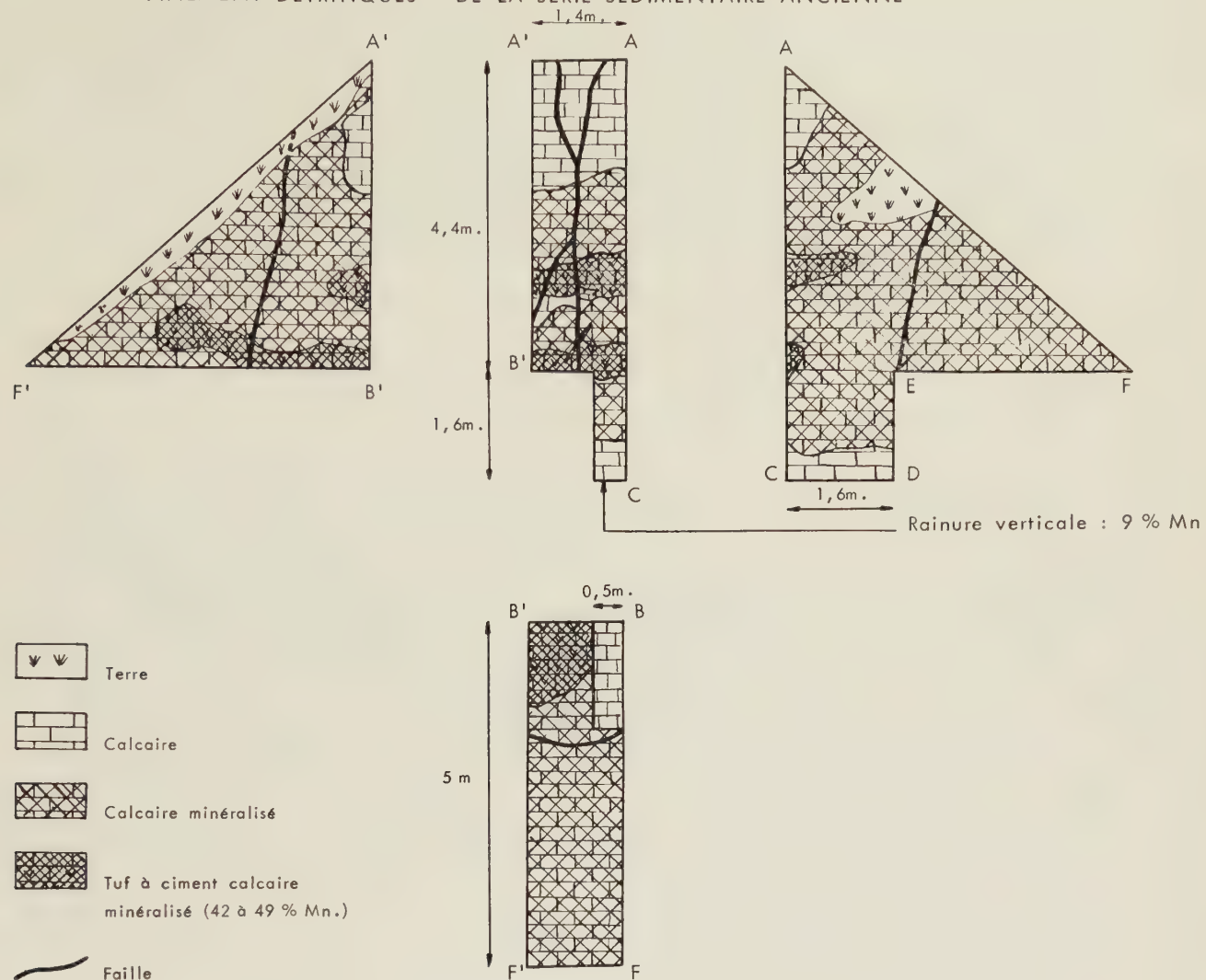


FIG. 27

TYPE DE MINÉRALISATION SYNGÉNÉTIQUE DANS LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

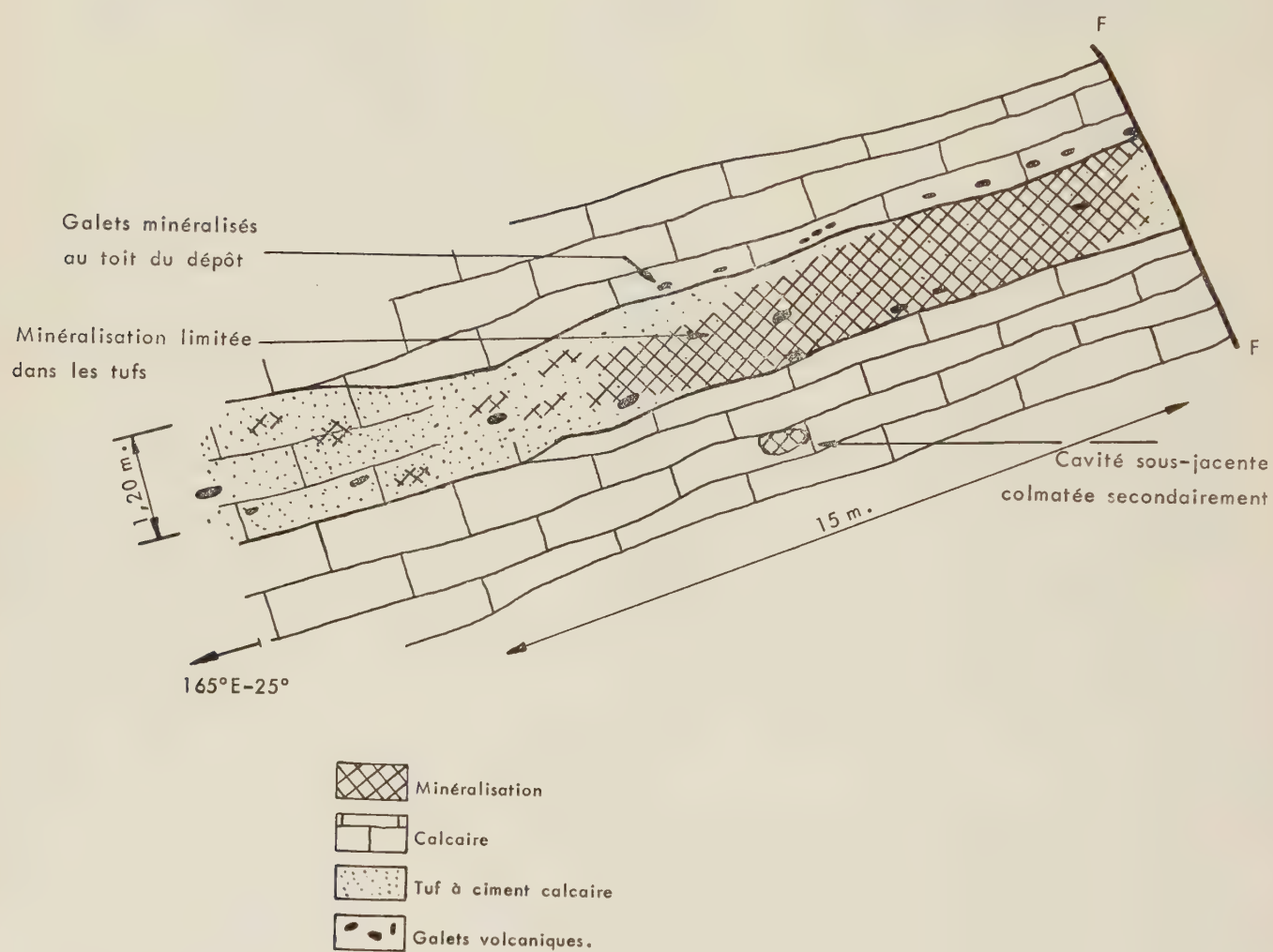


FIG. 28

A Happyland un niveau minéralisé est interstratifié dans les calcaires au sommet de la falaise II (moitié de la zone supérieure de la Série Sédimentaire Ancienne). Il s'agit ici de tufs à ciment calcaire englobant de petits galets volcaniques et des coraux brisés, minéralisés sur une partie de leur puissance ou sur toute celle-ci (0,5 à 3 m). La minéralisation est pulvérulente, recristallisée secondairement sur place. Il arrive que des calcaires francs du même niveau soient minéralisés. On a alors un minerai noir, très dur, formé de calcaire et d'oxyde de manganèse. La teneur est variable dans le gisement : 0 à 25 % Mn sans tenir compte des enrichissements secondaires. Le niveau minéralisé est haché et morcelé. Il se retrouve à des altitudes très variables (rejet maximal observé : 100 m).

2.4.3 AUTRES TYPES DE MINÉRALISATION EN MANGANÈSE DANS LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

Par ordre de fréquence sur le terrain on trouve successivement :

2.4.3.1 *Enduits de parois. Enduits dans les joints et les diaclases.*

Ces salissures n'ont pas d'épaisseur à vue. Elles ne tachent pas les doigts. Elles suivent les plans les plus verticaux des parois et falaises, des joints et des diaclases.

2.4.3.2 *Colmatage de fissure dans les calcaires.*

Ce type d'indice est particulièrement fréquent en bord de mer sur la côte ouest. Il se rencontre tout particulièrement entre Waringui et Raouisse, au Sud de la Baie Elisabeth et dans la région d'Happyland.

La minéralisation a colmaté un réseau de fissures plus ou moins anastomosées à direction générale verticale. L'ensemble a une allure pseudofilonienne. La calcite est toujours abondamment associée aux oxydes de manganèse. Le minerai, dur et compact, est gris brun à noir, ne tache pas les doigts et présente à la cassure une quantité de facettes brillantes. Sa teneur est toujours faible : 5 à 15 % Mn, rarement 20 %.

Le calcaire encaissant n'est pas minéralisé. La limite calcaire minéralisation est nette. Il arrive que des fissures minéralisées sur un segment soient ailleurs vides ou colmatées par la seule calcite.

2.4.3.3 *Colmatage de cavités dans les calcaires.*

Outre les fissures, le calcaire recèle des cavités ouvertes susceptibles d'être colmatées par les oxydes de manganèse.

Le remplissage peut être identique à celui des fissures : c'est le cas le plus fréquent. Pourtant les cavités se trouvant immédiatement en contrebas des niveaux minéralisés décrits en 242 contiennent un minerai beaucoup plus pur. Il est très souvent cristallisé en prismes verticaux. Sa teneur atteint 35 à 40 % Mn. Les indices de ce type peuvent atteindre plusieurs mètres cubes. Ils se trouvent surtout dans la région de Happyland.

25, MINÉRALISATION EN MANGANÈSE DANS LES FORMATIONS ARGILEUSES RECOUVRANT LE GRADIN II.

2.5.1 CONDITIONS GÉOLOGIQUES.

La géologie régionale ayant été décrite dans un autre chapitre, un rappel de l'environnement géologique suffit. Il est schématisé par la coupe ci-contre.

Localement le Récif Ancien s'est érigé sous forme de récif barrière construit sur le Volcanique II. Il est large de 500 m à 1 000 m et constitue une véritable muraille en bord de côte, muraille entaillée par quatre gradins vers la mer et tombant à pic, vers l'Est, sur la formation de Rautor (argilites et argiles à galets ayant comblé le lagon primitif).

Le gradin II est entaillé dans la Série Sédimentaire Ancienne, ici horizontale, ou dans son substratum volcanique.

La Série Sédimentaire Ancienne est essentiellement calcaire. Quelques calcaires conglomératiques sont observés dans sa base et quelques passages finement détritiques dans sa zone moyenne.

Plaqués sur cette série, subsistent quelques constructions coralliennes contemporaines des différentes stabilisations ayant créé les gradins côtiers. Ces dépôts sont difficiles à discerner des calcaires coralliens et passages détritiques de la Série Sédimentaire Ancienne. Ils sont en tout cas peu nombreux. Ils se présentent le plus fréquemment sous forme de pâtes coralliens, quelquefois de fins conglomérats.

Un matériel terrigène essentiellement argileux s'est déposé sur le gradin II. Il a déjà été décrit dans le § « Stratigraphie ». Le dépôt complet comprend, de bas en haut :

PIED DE LA FALAISE I	RESTE DU GRADIN
Eboulis anciens. Eboulis anciens. Lentilles argileuses.	Argile graveleuse. Argile jaune.
	Argile jaune peu détritique. Argile rouge. Terre argileuse.
Eboulis récents.	Terre.

2,5,2 INDICES DE SURFACE.

Les falaises I, II, III et IV, calcaires, ne montrent pas une minéralisation exceptionnelle. Un petit niveau irrégulièrement minéralisé s'observe à mi-hauteur de la falaise I. Sa puissance varie de 0 à 50 cm. Sa teneur atteint 20 % Mn. Il est visible, en particulier, à Baie du Sud, Ikao, Immeus.

Des enrichissements secondaires en traînées de salissures, remplissage de fissures, colmatage de cavités apparaissent sporadiquement dans les calcaires de la falaise I, rarement dans ceux des falaises inférieures. Un indice de ce genre, particulièrement développé (plusieurs mètres cubes), est à citer à Potnagnaï.

Sur le sol du gradin II s'observent des concrétions d'oxyde de manganèse dont la taille varie de celle d'une tête d'épingle à celle d'une tête humaine. Elles sont souvent ovoïdes, extérieurement lisses, intérieurement cristallisées en prismes parallèles ou radiés. Ces indices, présents sur toute la surface du gradin, sont particulièrement nombreux à Immeus et à Potnagnaï. La terre noire est souvent manganésifère ; elle atteint des teneurs isolées de 50 % Mn.

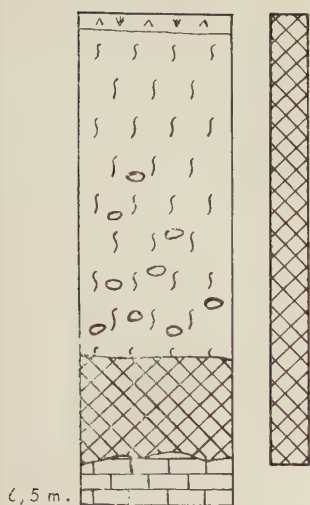
2,5,3 OBSERVATIONS SUR LA MINÉRALISATION MISE A JOUR LORS DES TRAVAUX.

Les coupes de tous les puits, sondages Conrad, sondages tarière, ne pouvant être reproduites, certaines coupes caractéristiques ont été sélectionnées. Elles se trouvent en figure 29. A chaque coupe correspond deux colonnes : lithologie et minéralisation.

Ces coupes et observations sur le chantier permettent les conclusions suivantes :

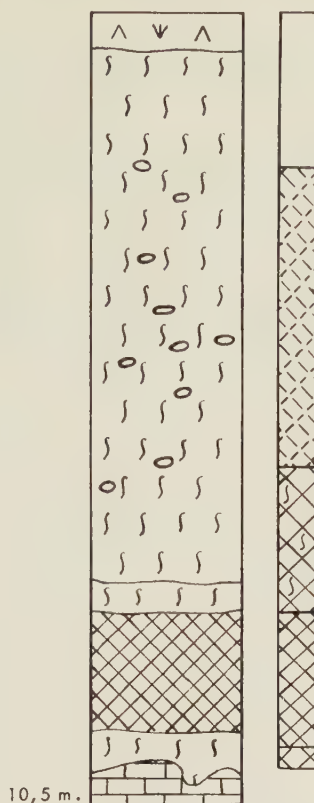
- Les seules concentrations notables se trouvent à Immeus, Pounip, Potnagnaï, Ikao et Leprumat, mais il est possible qu'il en existe d'autres dont l'extension soit inférieure à 250 m.
- Le manganèse est lié à l'argile et aux passées argileuses dans les éboulis anciens consolidés.
- La concentration du manganèse dans l'argile est très variable :
.. grains cristallisés épars dans l'argile

TYPES DE COUPES OBTENUES DANS LES TRAVAUX



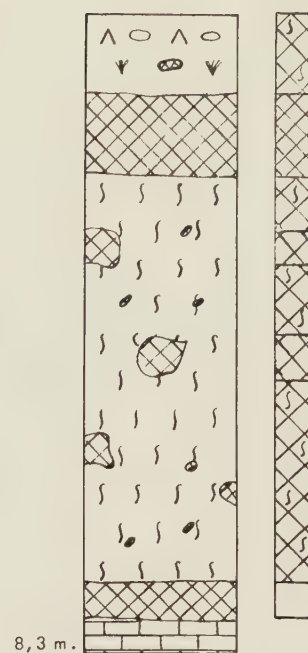
Puits D. 12 Immeus

Minéralisation riche sur toute la puissance de la couche. Niveau particulièrement riche à la base



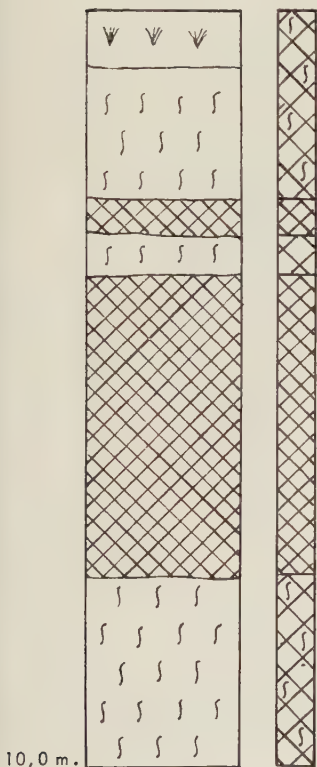
Puits C. 12 Immeus

Imprégnation diffuse de toute la masse de l'argile sauf au sommet. Une lentille minéralisée riche à la base



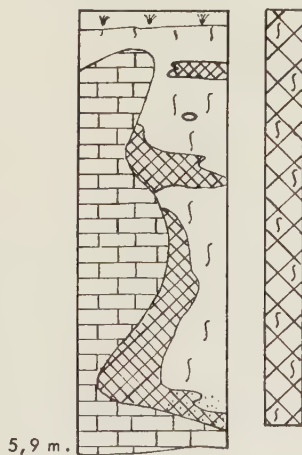
Puits B. 11 Immeus

Concrétions ovoïdes de minéral cristallisé éparses dans l'argile



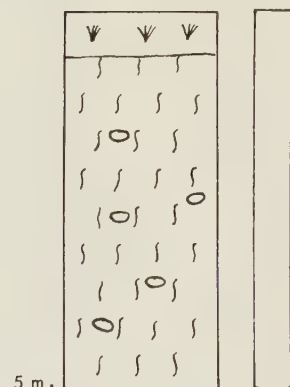
Sondage trière 93 Immeus

Deux lentilles superposées de minéral riche.



Puits B. 12 Immeus

Irrégularité du substratum calcaire



Sondage trière S2 Ikao

Argile caillouteuse stérile

MINÉRALISATION

	Minéral riche	> 40 % Mn
	Minéral pauvre	30 - 40 % Mn
	Argile minéralisée	10 - 30 % Mn
	Traces de Mn	< 10 % Mn

LITHOLOGIE

	Argile
	Terre
	Eboulis
	Galet volcanique
	Galet calcaire
	Sable ou gravier
	Calcaire

- .. rognons cristallisés épars dans l'argile
- .. grains ordonnés en petits lits discontinus
- .. amas de rognons
- .. zones lenticulaires minéralisées encore argileuses dans lesquelles les grains de manganèse sont très abondants (minerai pauvre)
- .. amas lenticulaires de minerai quasi pur.
- Tous les stades intermédiaires sont possibles.
- Une concentration de manganèse riche peut être trouvée à tous les niveaux de la sédimentation argileuse : au toit des calcaires comme au sommet des argiles.
- La masse de l'argile est généralement minéralisée en grains et rognons épars de manganèse.
- Les lentilles minéralisées ont une puissance très variable : 10 cm à 6 m.
- A Potnagnai :
 - .. la minéralisation, tout en restant du même type, montre des lentilles riches plus rares, moins puissantes et moins étendues ;
 - .. les concrétions minéralisées de grosse taille disséminées dans la masse argileuse sont beaucoup plus courantes et peuvent s'entasser en amas (1,20 m en FII).

En figure n° 30 se trouve une coupe interprétative le long du layon de base. Elle montre :

- que les lentilles minéralisées se superposent mais n'ont pas grande extension latérale
- que le substratum calcaire observé a lui-même une surface très irrégulière. Il est de nature corallienne et il suffit de se rendre en bordure de mer, sur la terrasse récente, pour en voir l'image. L'ensemble est pratiquement horizontal, mais çà et là des « champignons » (ou « patates » en terme local) ont été respectés et la masse est creusée de cavités et de fissures dont la profondeur atteint plusieurs mètres. Ceci explique qu'un puits atteigne le calcaire à 6 m de profondeur alors qu'un sondage trière voisin s'enfonce de 10 m.

2,5.4 QUALITÉ CHIMIQUE DU MINERAL.

Des échantillons de nature très variée ont été analysés par le Laboratoire du B.R.G.M. à Nouméa :

- minerai riche
- minerai pauvre
- argile faiblement minéralisée
- argile apparemment stérile
- échantillon quarté sur toute la hauteur d'un sondage trière.

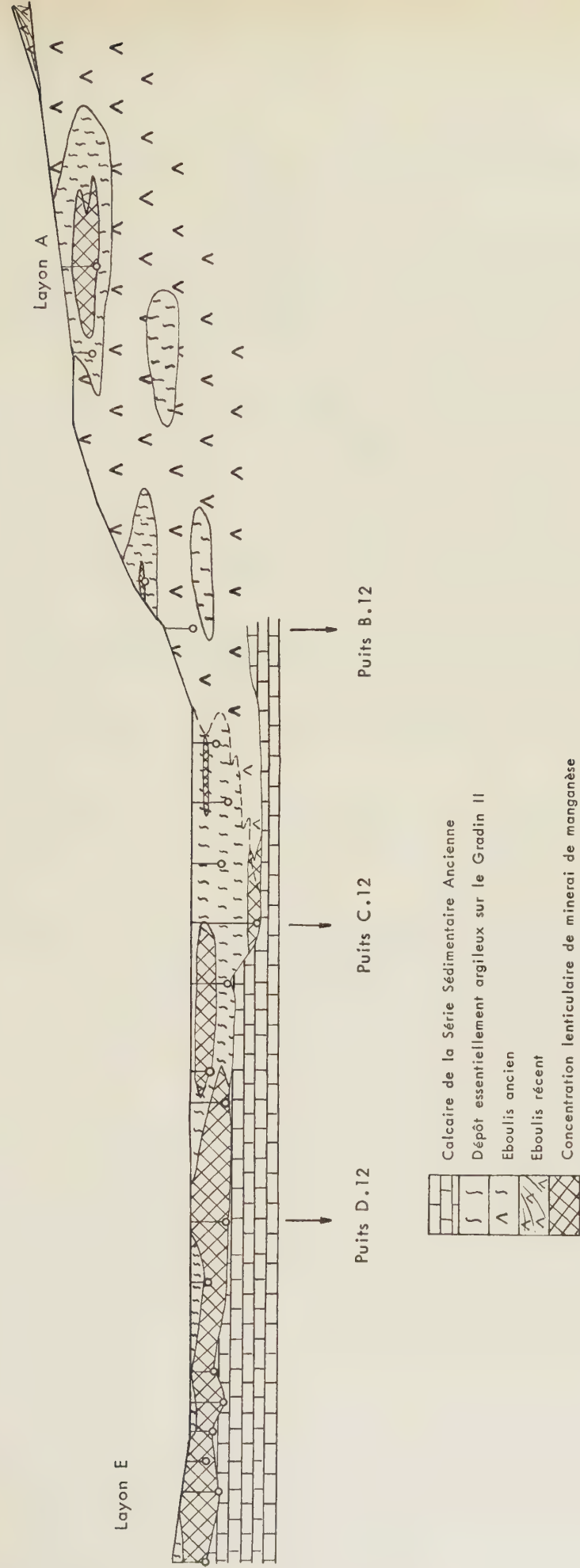
Sur minerai riche les résultats obtenus sont toujours voisins du résultat type (puits D12) :

Mn.	40,45 %	TiO ₂	Traces	CaO	2,90 %
P	Traces	SiO ₂	8,82 %	MgO	0,97 %
Fe	4,01 %	Al ₂ O ₃	8,27 %		

Sur les rognons cristallisés et les lentilles de minerai riche, la teneur Mn varie de 38 à 55 % et celle en P, de traces à 0,17 % :

CHANTIER DE IMMEUS

COUPE INTERPRETATIVE LE LONG DU LAYON DE BASE



Echelle 1/1.000

FIG. 30

	Mn	Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂
BL/E/61 — 110.....	41,35	2,45	0,083	6,68	4,61
128.....	39,92	5,19	0,081	12,38	9,16
150.....	45,05	4,09	0,164	6,68	8,72
158.....	45,28	4,22	0,152	12,38	7,26

Sur minéral pauvre nous ne possédons pas d'analyse complète. Seul, le Mn a été dosé :

BL-E-61 /121	Mn	30,63
145	—	20,50
153	—	35,99

mais les échantillons ont été conservés.

Les argiles faiblement minéralisées révèlent des surprises à l'analyse, leur teneur variant de 15 à 30 % sans que l'œil puisse apprécier une différence.

Les argiles apparemment stériles comprennent toutes du manganèse. La teneur la plus basse observée est de 3,24 % (B1-E-61/125), mais les teneurs s'étagent entre 3,20 et 15 % avec moyenne de 8 - 9 %. Une analyse plus complète sur argile totalement stérile a donné :

	Mn	Fe	P	Al ₂ O ₃	SiO ₂
BL-E-61 /122	3,90	11,58	0,161	31,52	32,72

Il est apparu intéressant, en fin d'étude, d'avoir une première idée sur la minéralisation moyenne des dépôts sur le gradin II. Pour cela les échantillons tarière ont été quartés sondage par sondage afin d'obtenir des échantillons moyens.

Les résultats ont été les suivants :

BL-E-61	Mn	BL-E-61	Mn
N° 115.....	11	N° 127.....	19,82
116.....	11,23	143.....	12,50
118.....	7,82	144.....	12,85
119.....	17,63	147.....	15,03
120.....	4,40	148.....	17,45
121.....	30,63	155.....	7,71
122.....	3,90	156.....	17,19
123.....	3,24	157.....	16,16
126.....	8,65		

2,6 MINÉRALISATION EN MANGANÈSE AU CONTACT VOLCANIQUE SÉDIMENTAIRE A RAOUISSÉ.

2,6.1 ENVIRONNEMENT GÉOLOGIQUE.

L'environnement géologique est représenté par la carte du chantier (fig. 24) et par la coupe schématique (fig. 25). Deux séries principales sont en présence : le Volcanique Ancien I formant substratum et le Récif Ancien sous forme de récif frangeant.

2,6.1.1 *Le Volcanique Ancien I* (appelé localement Série de Navwolu) affleure sous forme de coulées basaltiques ou de matériel volcanique de plus en plus remanié vers l'Ouest de l'île. Le matériel remanié côtier comprend quelques constructions coralliennes isolées.

2,6.1.2 *Le Récif Ancien* comprend la Série Sédimentaire Ancienne (localement Série de Raouisse) pentée vers la mer surmontée de la Série de Numpon horizontale. Son faciès général a déjà été décrit dans le paragraphe « Sédimentaire ». Seul le faciès de base de la Série de Raouisse, formé d'un tuf remanié à ciment calcaire, présente ici un intérêt, car il forme la roche encaissante de la minéralisation. Il sera décrit avec celle-ci. La Série de Numpon (calcaire orangé induré, calcaire corallien, formations de plage, intercalations argileuses) est ici cartographiée car elle est discordante sur la Série de Raouisse.

2,6.1.3 *Des calcaires coralliens plus récents* affleurent sporadiquement. Ce sont d'anciens récifs plaqués sur les séries précédentes qui ne peuvent être distingués que lorsque la morphologie les souligne.

2,6.1.4. *Tectonique* : l'ensemble des formations citées a été débité en compartiments par une tectonique cassante. Seules les failles principales sont indiquées sur la carte.

2,6.2 INDICES DE SURFACE.

Après les travaux de surface exécutés à Raouisse la minéralisation est apparue sous trois aspects principaux :

2,6.2.1

- Concentration secondaire dans la terre et les éboulis de pente (ex. PB 27). Ce type de gîte secondaire donne lieu à des salissures, mais aussi à des poches de minerai pulvérulent atteignant une forte concentration (45 % Mn). Il est évidemment localisé, en liaison directe avec des minéralisations *in situ* sus-jacentes.

2,6.2.2

- Calcaire minéralisé (ex. PG21). Certains niveaux calcaires sont minéralisés sur une puissance variant de 0,3 à 4 m. La minéralisation est très irrégulière : 5 à 15 % dans les calcaires francs, 35 à 50 % dans les passages tuffeux. L'échantillonnage par rainure du niveau minéralisé a une teneur moyenne de 9 %. Les niveaux sont décalés par faille ; vu leur faible puissance habituelle, ils disparaissent au moindre accident.

2,6.2.3

- Minéralisation dans les tufs à ciment calcaire (ex. PB3 - cf. fig. 22).

Les tufs minéralisés constituent localement le mur de la Série Sédimentaire Ancienne. Ils reposent sur des tufs volcaniques remaniés de la Série de Navwolu (Volcanique Ancien I). Leur puissance atteint 12 m exceptionnellement. La base des tufs comprend un niveau à galets (galets très espacés, rouges, aplatis, allongés, dont la plus grande dimension est de 2 cm).

Le reste du niveau est homogène. Sa caractéristique principale est son ciment. Les éléments détritiques grossiers sont rares : galets de roches volcaniques, coraux brisés, éléments détritiques fins très peu visibles, même à la loupe.

La minéralisation imprègne tout ou une partie du tuf, mais il arrive fréquemment que la base soit stérile sur 10 à 50 cm (niveau à galets en particulier). La puis-

sance minéralisée atteint 4 à 6 m. Le minerai a une teneur variant de 35 à 45 % Mn mais il est phosphoreux (0,7 à 1,2 % P). Il est essentiellement pulvérulent (90 % des grains inférieurs à 5,6 mm). Cette masse friable renferme des concrétions baptisées « efflorescences » formées de colonnettes prismatiques (diamètre maximal 5 mm) accolées l'une à l'autre en bouquets.

Le minerai friable est très noir et tache les doigts. Celui des efflorescences est brunâtre et peu salissant.

Lorsque les calcaires de la Série Sédimentaire Ancienne sont minéralisés localement, il y a interruption de la minéralisation entre ces niveaux et les tufs à ciment calcaire du mur (cf. coupe PB30. Il existe une phase tectonique postérieure à la mise en place de la minéralisation (cf. coupe PB 30 - fig. 22).

2,6.3 OBSERVATIONS FAITES LORS DE LA CAMPAGNE DE SONDAGES.

Les 14 sondages forés à Raouisse ont permis :

- de découvrir l'existence d'un gradin entaillé dans le Volcanique, ennoyé sous la transgression sédimentaire,
- de connaître l'extension de la minéralisation qui est limitée à la surface du gradin, à proximité de la rivière.

2,6.3.1 *Existence d'un relief volcanique antérieur à la transgression sédimentaire.*

Dès la fin du sondage D7 il a été observé que le toit du Volcanique n'est pas horizontal mais qu'il existe un relief volcanique fossile ennoyé sous la transgression de Raouisse. Cette observation a été confirmée par la suite des travaux. Ce relief comprend, d'Est en Ouest :

- Un plateau, peut-être légèrement penté vers le Sud-Ouest, dont l'altitude observée varie de 112,50 m (C15) à 128,50 m (GII).
- Un gradin sensiblement horizontal large de 50 à 200 m que la faille passant par G4 décale. Deux niveaux ont été observés : 120 m au Nord de la faille (PB 3 : 120 m - G3 : 118,5 m) et 65 m au Sud (G7 : 64,6 m - D7 : 67 m - BB15 : 61,78 m).
- Une surface fortement pentée vers la mer : le toit du Volcanique en BB7 est déjà à la cote 6,5 m. En FFII il n'a pu être atteint à moins 84,30 m.

Le raccordement entre le plateau supérieur et le gradin n'est pas connu. La comparaison de ce gradin avec les gradins côtiers plus récents observés dans le Sud de l'île fait penser à une falaise.

2,6.3.2 Les sondages ont montré que le faciès détritique de transgression de la Série de Raouisse disparaît au-dessus du plateau supérieur.

2,6.3.3 *Essai de classification des sondages d'après les deux critères ci-dessus et la minéralisation.*

Les dix sondages se répartissent en quatre groupes :

- Sondages tombés dans une zone faillée : G4 et C11 entrent dans ce groupe. Seul C11, ayant traversé une faille oblique, atteint sûrement le Volcanique. L'interprétation de la valeur de ces sondages est fonction de l'environnement. A noter que des traces importantes de minéralisation ont été observées dans ces deux travaux.
- Sondages ayant atteint le plateau supérieur volcanique sans que le faciès de transgression de la Série de Raouisse soit traversé : c'est le cas des sondages J7, G11, C15, A15, G02. Ils ont atteint le Volcanique respectivement aux cotes 124,05 m, 128,45 m, 112,45 m, 108,50 m, 125,00 m.
- Sondages ayant atteint la surface pentée du Volcanique. Le faciès de transgression de la Série de Raouisse existe mais est toujours stérile. Les sondages BB11 (Volcanique atteint à — 19,70 m) et BB7 (Volcanique non atteint à, — 84,3 m) se rangent dans cette catégorie.

- Sondages ayant atteint le gradin horizontal. Le faciès de transgression de la Série de Raouisse existe mais n'est pas toujours minéralisé. C'est le cas des sondages G3, G7, D7, BB15. Leur coupe est la suivante :

G 3 : altitude 137,00 m.

137,0 m — 126,5 m : Série de Raouisse moyenne : 10,5 m.

126,5 m — 118,5 m : faciès de base transgressif de la Série de Raouisse : 8,0 m.

118,5 m — 117,7 m : Série de Navwolu.

Le faciès transgressif est minéralisé sur 7,25 m, les 0,75 m du sommet étant stériles. La minéralisation n'est pas homogène. Le minerai proprement dit a une puissance de 5,3 m dont 4,25 m sont riches. La base des tufs est très pauvre.

G 7 : altitude 163,9 m.

163,9 m — 123,2 m : Série de Numpon : 40,7 m.

123,2 m — 76,6 m : Série moyenne de Raouisse : 46,6 m.

76,6 m — 64,5 m : faciès de base transgressif : 12,1 m.

64,5 m — 58,2 m : Série de Navwolu.

Le faciès transgressif est minéralisé sur 9,15 m. En fait la zone riche n'a que 5 m de puissance entre les cotes 74,4 et 69,4 m. La base des tufs à ciment calcaire est stérile.

D 7 : altitude 141,7 m.

141,7 m — 123,7 m : Série de Numpon : 18 m.

123,7 m — 76,2 m : Série de Raouisse supérieure et moyenne : 47,5 m.

76,2 m — 66,8 m : faciès de base transgressif : 9,4 m.

66,8 m — 61,9 m : Série de Navwolu.

La minéralisation intéressante s'étale dans le faciès de transgression sur 7,20 m entre les cotes 75,9 et 68,7 m. Elle a, en fait, une puissance de 6,6 m, car deux passes totalisant 0,6 m sont stériles. La faible minéralisation au contact du Volcanique est à noter aussi.

BB 15 : altitude 169,6 m.

169,6 m — 138,3 m : Série de Numpon : 31,3 m.

138,3 m — 89,5 m : Série de Raouisse supérieure : 48,8 m.

89,5 m — 65,1 m : Série de Raouisse moyenne : 24,4 m.

65,1 m — 61,6 m : faciès de base transgressif : 3,5 m.

61,6 m — 47,1 m : Série de Navwolu.

Aucune minéralisation notable n'a été trouvée dans les tufs à ciment calcaire du faciès transgressif de base de la Série de Raouisse.

2,6.4 RAPPEL DES RÉSULTATS PRINCIPAUX OBTENUS PAR GÉOPHYSIQUE.

La limite, côté mer, du gradin est matérialisée par une barre résistante (200 à 700 ohm/m) dont la largeur serait de 20 à 40 m et la hauteur d'une cinquantaine de mètres. Cette barre résistante pourrait être due à un ancien récif barrière développé là où le socle andésitique commence à descendre vers le large.

La limite du gradin, côté terre, est plus floue. Elle peut être formée de plusieurs ressauts successifs ou d'une falaise sur laquelle sont accolés d'anciens récifs frangeants.

2,6.5 QUALITÉ CHIMIQUE DU MINÉRAI.

A l'affleurement, les caractéristiques du minerai sont les suivantes :

	RAINURAGE	EFFLORESCENCE	TOUT-VENANT FRIABLE
MnO ₂		73,20	69,80
MnO		6,80	2,70
Mn total	42,3	51,70	46,20
P	1,2	0,09	1,14
CaO	7,7	5,70	
BaO		Indosable	
K ₂ O		0,80	
Ka ₂ O.		0,90	
Fe	1,3		
SiO ₂	5,2		
Al ₂ O ₃	2,5		
MgO	1,2		

Il est difficile de donner des précisions sur la qualité chimique du minerai découvert par sondage car (outre quelques résultats d'analyse divergents), les échantillons prélevés ne sont pas représentatifs. En effet, lors du forage des sondages minéralisés, nous ne disposions pas de carottier triple et la faible teneur à l'analyse des passes minéralisées s'explique en partie par le mode de carottage :

- Par sédiments et dans ce cas il est à craindre un lavage et une pollution de la minéralisation.
- Par carottage à sec et il est alors possible que les parties cristallisées dures n'aient pas été récupérées.

A titre indicatif la teneur en Mn varierait, selon les passes, de 33 à 49 % en G3 et de 7 à 29 % en G7.

Sans retenir aucun des résultats d'analyse comme représentatif, il convient néanmoins de souligner un appauvrissement de la minéralisation profonde par rapport à la minéralisation de surface (échantillonnage en PB3) et une teneur en phosphore continuant à être prohibitive.

3 — OBSERVATIONS DE LABORATOIRE

Elles ont porté sur sept échantillons représentatifs des principaux types de minéralisation en manganèse trouvés dans le Sédimentaire à Erromango.

Ces échantillons avaient été confiés pour étude au service de gîtologie du B.R.G.M. M. BOULADON les a examinés en collaboration avec M. GAUTIER. Ils ont fourni un rapport complet (Etude 5826/MPMG) qui est notamment repris dans ce chapitre pour la totalité des renseignements qu'il apporte.

Les divers types de minéralisation étudiés en laboratoire sont les suivants :

Minéralisation de Raouisse : prélèvement à Raouisse

minerai « efflorescence » BL-E-59/59

minerai « friable » BL-E-62/161

Minéralisation dans les dépôts argileux recouvrant le gradin II : prélèvement à Immeus

minerai « concrétion ovoïde » BL-E-62/137

minerai « tout-venant pulvérulent » BL-E-59/359

Minéralisation en niveaux discontinus dans certains bancs calcaires et niveaux finement détritiques de la Série Sédimentaire Ancienne

prélèvement à Happyland BL-E-59/237

Minéralisation colmatant des cavités dans les calcaires

prélèvement à Waringui BL-E-62/138

Minéralisation colmatant des fissures dans les calcaires

prélèvement à Dumurop BL-E-59/227

3,1 MINÉRALISATION DE RAOUISSE.

3,1.1 MINÉRAI EN EFFLORESCENCE.

3,1.1.1 L'analyse chimique de cet échantillon a déjà été donnée en § 2,6.5 (B.R.G.M. 3543) :

MnO ₂	73,20 %	P	0,09 %	K ₂ O	0,80 %
MnO	6,80 %	CaO	5,70 %	Na ₂ O	0,90 %
(Mn total)	51,70 %	BaO	Indosable		

3,1.1.2 Diffractionométrie : le diffractogramme fait apparaître la présence de todorokite et de polianite. La proportion de polianite est faible par rapport à la todorokite.

3,1.1.3 Etude sur section polie (photographie) :

La todorokite constitue la moitié environ de l'échantillon. Elle forme des concrétions stalactiformes de l'ordre de 1 mm de diamètre coupées transversalement par la section polie.

La polianite s'observe sous deux formes :

- polianite ancienne : dépôt très fin, antérieur à celui de la todorokite, épigénisant de nombreux fossiles. Sa biréfringence est très faible, la polianite en question étant cryptocristalline, mais un cliché Debye-Scherrer (KLT) en confirme la détermination.
- polianite secondaire : elle recouvre la todorokite et la polianite ancienne d'une fine croûte de très petits cristaux (quelques microns), assez grands cependant pour que l'on puisse en observer l'anisotropie.

Dans la gangue ont été observés des fossiles plus ou moins broyés, quelques plages indéterminables (phosphates ?) et un grain de magnétite (100 microns) en voie de martitisation. Ils représentent les vestiges de la sédimentation calcaire à débris volcaniques qui a accompagné le dépôt de la minéralisation manganésifère.

3,1.2 MINÉRAI FRIABLE.

3,1.2.1 Son analyse chimique sommaire donne les résultats suivants :

	N° 3543	N° 2789	N° 2744
MnO ₂	69,80	40,00	
MnO	2,70	15,00	
(Mn total)	46,20	47,80	48,80
P	1,14	0,18	0,61

3,1.2.2 La diffractionométrie montre que l'échantillon est essentiellement formé de polianite. La todorokite est présente mais peu abondante.

3,1.2.3 Etude sur section polie (photo). Le minerai « friable » se présente comme un minerai « efflorescence » qui aurait été broyé : la polianite ancienne, très fine, épigénise de nombreux fossiles. La todorokite forme des grains isolés ou des dépôts sur les fossiles épigénisés par la polianite primaire. La polianite secondaire recouvre l'ensemble d'une mince pellicule de petits cristaux (10 microns en moyenne).

Dans la gangue les grains de magnétite sont abondants. Ils ont souvent subi un début de martitisation à leur périphérie et ils présentent des exsolutions assez nettes de spinelles. De petites plages grises observées à l'immersion, très peu réfléchissantes, nettement biréfléctentes, présentant des réflexions internes claires, n'ont pu être déterminées.

Une étude antérieure sur un échantillon semblable avait, en outre, montré dans la gangue une microbrèche à ciment de calcite blanche dont les éléments sont les mêmes que ceux qui constituent l'essentiel du minerai :

- une microbrèche analogue cimentée par un wad qui semble être la todorokite mal cristallisée,
- des débris de Foraminifères épigénisés par la polianite dans lesquels E. MARIE a reconnu des fragments d'Amphistégines, d'Operculines, de Rotalias,
- des débris détritiques, anguleux, ne dépassant pas 2 mm : magnétite, ilménite, pyroxène, apatite (très rare).

3,2 MINÉRALISATION DANS LES DÉPOTS ARGILEUX RECOUVRANT LE GRADIN II.

3,2.1 MINERAI EN CONCRÉTIONS OVOÏDES.

3,2.1.1 Analyse chimique : (B.R.G.M. N° 3543).

MnO ₂	80,8 %	P	Traces	K ₂ O	1,20 %
MnO	5,4 %	CaO	(2,50 %)	Na ₂ O	0,50 %
(Mn total)	55,00 %	BaO	Indosable	MgO	0,60 %

3,2.1.2 *Diffraction* : comme dans l'échantillon « efflorescence » de Raouisse, on a ici un mélange de todorokite et de polianite mais la todorokite est moins abondante.

3,2.1.3 *Etude sur section polie* (photo) : la todorokite se présente en longues concrétions fibreuses divergentes évoquant des assemblages penniformes. De petits cristaux de polianite secondaire sont venus colmater des fissures et recouvrir les concrétions de todorokite. Leur taille maximale est de 100 microns.

3,2.2 MINERAI TOUT-VENANT PULVÉRULENT.

3,2.2.1 Analyse chimique (B.R.G.M. 3543)

MnO ₂	62,5 %	(Mn total)	41,8 %
MnO	3,2 %	P	Traces

3,2.2.2 *La diffraction* fait toujours apparaître todorokite et polianite. Cependant la proportion de todorokite est beaucoup plus faible.

3,2.2.3 *L'étude sur section polie* montre que ce « tout-venant » ne diffère pratiquement pas du minerai friable de Raouisse sinon par la proportion de polianite plus importante. Dans la gangue il n'a pas été trouvé d'exsolution de spinelle dans les grains de magnétite. Par contre, quelques grains de limonite traversés exceptionnellement par de très fines veines de todorokite ont été observés à Immeus.

3,3 MINERAI DE HAPPYLAND.

Une étude sur lame mince montre un minerai couleur gris de plomb résultant de l'imprégnation très hétérogène d'un calcaire blanc crayeux. Les oxydes de manganèse se

sont déposés en même temps que le calcaire. Il n'y a pas de traces de substitution du calcaire par le manganèse.

3,4 MINERAI DE WARINGUI.

Il colmate des fissures mais aussi des cavités et des microcavités dans la masse du calcaire.

Quatre lames minces ont été faites dans un calcaire grossier minéralisé.

3,4.1 MICROFAUNE OBSERVÉE (détermination P. MARIE).

	Lames minces		
	1	2	3
<i>Globigerina bulloides</i> (d'Orbigny)	+	+	+
<i>Planorbulina mediterranensis</i> (d'Orbigny)	+	+	
<i>Operculina venosa</i> (Carpenter)	+	+	
<i>Quinqueloculina massilina</i>	+		
<i>Amphistegina</i> cf. <i>madagascarensis</i> (d'Orbigny)	+	+	
<i>Pyrgo depressa</i> (Schlumberger)	+		
<i>Cibicides</i> cf. <i>variabilis</i> (d'Orbigny)	+		+
<i>Amphistegina lessani</i> (d'Orbigny)	+	+	+
<i>Cristellaria</i> , sp.	+		
<i>Carpenteria</i> cf. <i>proteiformis</i> (Goes)	+	+	
<i>Amphisorus hemprichi</i> (Carpenter)		+	
<i>Acervulina inherens</i> (Brady)		+	+
<i>Textularia</i> cf. <i>rugosa</i> (Reuss)		+	+
<i>Sorites orbiculus</i> (Forskall)		+	+
<i>Hometrema rubra</i> (Lamarck)		+	
<i>Polytrema miniaceum</i> (Pallas)		+	+
<i>Baculogypsina tetraedra</i> (d'Orbigny)		+	
<i>Rotalia calcar</i> (d'Orbigny)		+	+
Lithothamniées	+	+	+

Cette faune, comme toute celle de l'île, s'étend de la fin du Pliocène au Quaternaire actuel.

3,4.2 DÉBRIS DIVERS OBSERVÉS DANS LE CALCAIRE.

Dans l'ordre d'abondance croissante ce sont :

- du quartz
- du plagioclase
- du pyroxène (hédénbergite probable)
- différents produits jaunes à brunâtres :
 - goethite et limonite
 - minéraux en concrétions zonées fibroradiées, faiblement biréfringentes, associées à des plages isotropes : dahlite et col'ophanite ?
 - plages très pléochroïques, très biréfringentes, hétérogènes, faisant penser à de la glauconite en voie de limonitisation.

3,4.3 MINÉRALISATION.

Le minerai est noirâtre, peu dense, il présente localement les traits d'une structure qu'on pourrait qualifier de fluidale. On n'observe pas de substitution des organismes ou du

ciment par le manganèse, mais seulement des remplissages de cavités, souvent zonées et débutant par un mince dépôt de calcite blanche fibreuse.

3,5 MINÉRAI DE DUMUROP

Il s'agit ici d'un minéral colmatant des fissures verticales plus ou moins anastomosées et affectant une allure filonienne :

3,5.1 ANALYSE CHIMIQUE (B.R.G.M. n° 3543).

MnO ₂	52,5 %	BaO	Indosable
MnO	6,0 %	K ₂ O	0,9 %
(Mn total)	(37,95 %)	Na ₂ O	1,0 %
P	Traces	MgO	Indosable
CaO	15,2 %	CO ₂	10,3 %

3,5.2 *Diffraction* : cet échantillon est relativement riche en todorokite ; il comporte en outre une très grande quantité de calcite et un peu de polianite.

3,5.3 *Etude sur sections polies* (photo)

Elle montre des concrétions de todorokite associées à de la polianite cryptocristalline ou finement cristallisée prises dans une gangue de calcite qui s'est insinuée dans les fissures en charriant des débris de ces concrétions. On retrouve ici la poliatine primaire reconnaissable à son aspect microcristallin mais aucun fossile n'est ici épigénisé par cette polianite. Les oxydes de fer sont représentés par de la magnétite plus ou moins martitisée, isolée en rares plages de petites dimensions (50 microns), d'apparence détritique dont l'altération est sans doute à l'origine de petites plages de limonite. Disséminées dans la todorokite se trouvent de petites taches d'oxyde de fer associées à d'autres minéraux non déterminés (phosphates ?)

3,6 RÉSULTATS ACQUIS PAR LES ÉTUDES DE LABORATOIRE.

3,6.1 EXTRÊME PAUVRETÉ DE LA PARAGÉNÈSE DES TYPES DE MINÉRALISATION ÉTUDIÉS.

Elle se limite en fait à deux espèces minérales : la polianite et la todorokite. Dans la plupart des cas la proportion de l'une par rapport à l'autre est à peu près semblable.

La polianite MnO₂ se présente sous forme cryptocristalline et sous forme finement cristallisée (anisotropie nette dans ce cas seulement).

La todorokite de formule (Mn^{II}, Mg, Ca, Ba, K, Na)₂ Mn^{IV}₅ O₁₂ · 3H₂O forme des concrétions de grande taille. D'après la bibliographie, sa teneur en P, due à des impuretés, varie de 0,06 à 0,18 (cf. STRAZEC *et al.*, 1960 et FRONDEL *et al.*, 1960). Rappelons que la todorokite est le constituant essentiel de certains gisements cubains, interstratifiés, comme celui de Raouisse entre des tufs volcaniques basaltiques au mur et un banc calcaire au toit.

3,6.2 ORDRE DES DÉPÔTS DE MINÉRAUX MANGANÉSIFÈRES.

Il semble que la formation des concrétions de todorokite ait suivi l'épigénisation des fossiles par la polianite cryptocristalline. La polianite secondaire se serait déposée plus tardivement sur les concrétions et dans les fissures du minéral. Il est probable qu'il s'agissait d'ailleurs d'un phénomène continu, au moins en ce qui concerne les deux premières phases.

Minéraux phosphatés. L'apatite a été très rarement trouvée, mais dans les lames faites dans l'échantillon de Waringui, il a été possible d'observer de la glauconite et, en assez grande abondance, des minéraux qui, sous quelques réserves, ont été déterminés comme des phosphates de chaux : *dahllite*, *collophanite*.

Dans les échantillons de Raouisse, la minéralisation masque ces phosphates. Ils ne sont guère identifiables en section polie, mais ils forment sans doute, avec l'oxyde de fer, la plupart des petites plages que l'on peut observer au sein de la todorokite et de la polianite.

4 — ESSAI SUR LA GENÈSE DES DIFFÉRENTS TYPES DE GITES DE MANGANESE A ERROMANGO

Différents types de gîtes de manganèse trouvés à Erromango ont été décrits au cours du § « Observations de terrain ».

Les bases de classification ont été la nature de la roche encaissante et le caractère économique croissant. Dans la mesure du possible il n'a été fait aucune allusion à la genèse de ces différents gîtes bien que la question se soit posée au géologue lors de la prospection. En effet, une opinion génétique suppose des hypothèses au départ, surtout lorsqu'on ne dispose d'aucun résultat de laboratoire, ce qui était le cas lors de la prospection volante (analyses chimiques mises à part). Il était alors préférable d'axer la prospection sur la seule gîtologie.

Lors de l'étude des différents gîtes principaux, il est apparu assez rapidement qu'il s'agissait toujours de gîtes de remaniement contemporains de la mise en place de la roche encaissante. La question de l'origine du manganèse et de son mode de transport s'est alors posée car, de sa réponse, dépendait en partie la justification *a posteriori* de la prospection.

Les hypothèses admettant une origine hydrothermale locale, une origine lointaine et une sédimentation purement marine, ont été rejetées successivement pour admettre une origine primaire du manganèse à l'état de traces dans les roches volcaniques de l'île. Cette origine primaire étant la même pour tous les types de gîte observés à Erromango, il a paru utile de l'exposer tout d'abord avant de passer à l'étude génétique, étayée par des arguments plus concrets, des différents gîtes observés, notamment ceux de Immeus et de Raouisse.

4.1 ORIGINE DE LA MINÉRALISATION EN MANGANESE.

4.1.1 REJET D'UNE HYPOTHÈSE HYDROTHERMALE.

La prospection du Volcanique spécialement axée sur la recherche de gîtes de manganèse hydrothermaux a, on l'a vu, totalement échoué. Il n'a été trouvé aucun filon minéralisé ni aucun indice indirect dans les différentes formations volcaniques visitées.

Avant de rejeter totalement l'hypothèse hydrothermale il a fallu s'assurer que la minéralisation dans les calcaires ne présentait pas de phénomène de remplacement. Les seuls indices pouvant à la rigueur se prêter à cette hypothèse après étude sur le terrain étaient ceux de type Waringui (remplissage de poches) et de type Dumurop (remplissage de fissures verticales). Pas plus que sur le terrain on n'observe au microscope de phénomènes de substitution des organismes ou du ciment par le manganèse, mais seulement des colmatages de cavités, souvent zonés, débutant par un dépôt de calcite blanche fibreuse.

4.1.2 REJET D'UNE HYPOTHÈSE ADMETTANT UNE ORIGINE LOINTAINE ET UNE SÉDIMENTATION PUREMENT MARINE.

Des études en laboratoire (A.P. VINOGRADOV, ALTEINBERG, OSTROVOUNOV, KROTOV, BRITTON) ont montré que la teneur en manganèse des eaux de mer est très faible (de l'ordre de 1 à 10. 10⁻⁷ %) et que les conditions de dépôts ne sont pas respectées à faible profondeur où la vie organique est intense, où le pH de l'eau est acide et le milieu réducteur.

Il serait donc nécessaire de faire intervenir un apport de manganèse lointain sous forme suspendue ou des concentrations d'ordre biochimique ou autre très peu probables (cf. AVIAS). Comme le Sédimentaire d'Erromango est irrégulièrement minéralisé dans le temps et dans l'espace, que le Sédimentaire comparable dans les îles voisines est rarement minéralisé, il serait nécessaire que ces apports de manganèse soient intermittents et localisés.

Un dépôt purement marin impose donc une série de coïncidences, sinon il impliquerait que le phénomène soit général aux Hébrides ou tout au moins dans les îles du Sud de l'Archipel.

La possibilité de l'existence de plusieurs venues hydrothermales en mer, proches des côtes minéralisées, reste à envisager. Elle aussi est peu probable car elle nécessiterait une

série de phénomènes très locaux et discontinus. Elle est, en outre, invérifiable par des observations de terrain.

4,1.3 ORIGINE DE LA MINÉRALISATION EN MANGANÈSE SUR L'ÎLE.

Comme la minéralisation primaire n'est pas hydrothermale, qu'elle ne provient pas de la mer, elle doit exister à l'état diffus sur l'île même. Le manganèse peut se trouver à l'état d'élément entrant dans la constitution des roches volcaniques. Il serait libéré par l'altération latéritique.

Les observations de terrain cadrent assez bien avec cette hypothèse puisque des traces de manganèse sont visibles dans les roches en voie de latéritisation. Le fait que les auréoles manganésiennes cernent les fantômes des cristaux d'augite suggérerait que le manganèse provienne de l'altération des pyroxènes. En lame mince aucun argument ne soutient cette proposition et le manganèse doit donc être plus particulièrement recherché dans le verre volcanique. La teneur en Mn des tufs volcaniques n'a pas été analysée, car ces roches sont trop altérées en surface. Celle des laves varie de 0,15 à 20 % MnO.

Dans ces conditions, le Volcanique Ancien I et II est certainement responsable du gros de la minéralisation. En effet, il est le seul profondément altéré. Le Volcanique IV n'est en liaison géographique avec aucun indice connu. Le Volcanique III est postérieur à la mise en place du gîte de Raouisse et sans liaison avec les gîtes du Sud de l'île. Cependant les indices trouvés dans les dépôts de Ponalvat et dans certains tufs volcaniques fins à Ponalvat et à Ponamlas témoignent d'une petite minéralisation en liaison directe avec le Volcanique III, seul type de Volcanique à affleurer localement.

Admettre pour origine le manganèse diffus dans le Volcanique I et II et libéré sur place par latéritisation, implique un transport plus ou moins long, puis un dépôt dans certaines zones favorisées. Réciproquement, tous les dépôts trouvés dans le Sédimentaire doivent avoir leur origine dans le Volcanique Ancien. Il est alors nécessaire de faire une évaluation de l'épaisseur du matériel volcanique disparu (correspondant au cubage nécessaire à la formation des gîtes dans le Sédimentaire) afin de se rendre compte si on aboutit ou non à une incohérence. Ce calcul a été fait avec les éléments suivants (par excès) :

TYPE DE GITE	ÉLÉMENTS					
	Surface en m ²	Puissance en m	Densité	Tonnage minéralisé	% Mn	Tonnage
Raouisse				600 000	35%	210 000
Immeus				300 000	35%	105 000
Happyland	15.10 ⁵	1	1,2	18.10 ⁵	5%	90 000
Argiles minéralisées du gradin II	2.10 ⁶	4	1,2	96.10 ⁵	8%	768 000
Total						1 173 000

En admettant que les gîtes connus représentent 75 % de la minéralisation en place dans le Sédimentaire, celle-ci s'estime donc à 1 600 000 t de manganèse métal.

Si, lors de la mise en place, 75 % du manganèse s'est perdu en mer, le tonnage provenant du Volcanique aurait été de 21.10^5 t de manganèse métal.

Les roches volcaniques ont une densité moyenne de 1,4 et une teneur moyenne de 0,15 % Mn ; le cubage nécessaire à la libération du manganèse est donc (toujours par excès) de 1.10^9 m³.

Négligeant le Volcanique II qui n'intéresse qu'une partie de l'arrière-pays de Happyland, si l'on ne tient compte que du bassin-versant côte ouest du Volcanique I, la superficie du Volcanique à considérer est de 135.10^6 m². En admettant que la moitié de la minéralisation reste dans les terres latéritiques, la puissance théorique disparue est de 14 à 15 m. Ce résultat est compatible avec les puissances altérées en place qui dépassent par endroits une cinquantaine de mètres.

4.1.4 MODE DE TRANSPORT ET DE DÉPÔT.

Le mode de transport n'a pas été étudié sur place. Il est largement reconnu par les auteurs qui admettent le transport du manganèse sous forme dissoute ou suspendue. Le transport en solution s'entend pour le manganèse bivalent (Mn^{II}) engagé dans des sels comme So_4Mn , Co_3Mn , etc... Le transport en suspension intéresse surtout le manganèse tétravalent (Mn^{IV}) sous forme de MnO_2 . Ce dernier mode de transport est évidemment beaucoup plus répandu, MnO tendant à s'oxyder très vite dans les eaux vives. Outre MnO_2 , hydraté ou non, il ne faut pas oublier les manganates formés par Mn^{IV} et Mn^{II} associés aux cations disponibles par latéritisation du matériel volcanique (Ca, Mg, Ba, Na, K...). Ces manganates sont insolubles et forment des suspensions qui pourront précipiter sous forme de gels colloïdaux d'où naîtra la todorokite.

Les conditions de dépôt généralement admises sont, outre la concentration, le pH et le potentiel oxydoréducteur. Les géologues des îles Fidji, placées dans des conditions géologiques semblables à celles des Hébrides, ont étudié ces problèmes. S.R.M. HARVEY souligne que « la précipitation du manganèse est fortement contrôlée par Co_3Ca ». Quoique le pouvoir précipitant de Co_3Ca sur MnO_2 soit bien connu chimiquement, on tient généralement moins compte du pouvoir précipitant de MnO_2 lui-même, peut-être plus puissant. Aussi le dépôt des oxydes peut, à l'origine, être réalisé grâce à la présence d'éléments calcaires : mais, une fois qu'existent les quantités de bioxydes nécessaires, ceux-ci sont capables de prendre le pas sur les calcaires comme agent précipitant.

4.2 DIFFÉRENTES HYPOTHÈSES GÉNÉTIQUES ENVISAGEABLES A ERROMANGO.

4.2.1 Aucune hypothèse hypothermale n'étant retenue, tous les gîtes de manganèse reconnus à Erromango sont des gîtes de remaniement.

Le remaniement peut être plus ou moins poussé ; il peut, en particulier, y avoir reprise de dépôts intermédiaires d'oxydes de manganèse.

Les différents types de dépôt envisagés sont décrits ci-dessous :

4.2.2. DÉPÔTS COTIERS SYNGÉNÉTIQUES AU CONTACT EAU DOUCE-EAU SALÉE (OU SAUMATRE).

4.2.2.1 *Niveaux partiellement minéralisés en Mn, syngénétiques dans la Série Sédimentaire Ancienne.*

Ce type de gîte est courant dans la Série Sédimentaire Ancienne. Il a été décrit dans le § 2.4.2.

Le syngénétisme du gros du dépôt d'oxydes de manganèse et de la formation de la roche encaissante est prouvé par la concordance de la minéralisation avec la stratification et, souvent, la présence de galets du niveau minéralisé dans le toit stérile.

Vu la variation latérale rapide du faciès des dépôts essentiellement coralliens de la Série Sédimentaire Ancienne, la minéralisation se trouve dans des calcaires, des calcaires tuffeux, des tufs à ciment calcaire, des conglomérats. Les calcaires s.s. sont en général très peu minéralisés. La minéralisation riche se trouve dans les niveaux détritiques fins (tuf à ciment calcaire).

4,2.2.2 Argiles minéralisées localisées sur le gradin II (entre Baie du Sud et Pilbarra).

L'étude de ce gîte sera reprise en § 4,3.

4,2.2.3 Gîte de Raouisse.

La prospection a montré que ce gîte est très localisé. Son interprétation génétique sera détaillée plus loin en § 4,4.

4,2.3 DÉPOTS SECONDAIRES EN MILIEU TERRESTRE.

4,2.3.1 Les gîtes en place ont été plus ou moins repris par dissolution et ont donné naissance à de petits gîtes dérivés :

- poches et fissures colmatées par la minéralisation dans les calcaires
- terres et formations de pente minéralisées.

Il s'agit de dépôts tout à fait locaux, sans grande extension pour les poches, à faible teneur pour les terres et les éboulis.

4,2.3.2 Des zones minéralisées dans des tufs volcaniques et les formations alluvionnaires s'expliquent de la même façon. Il ne s'agit pourtant pas là de reprise de gîtes syngénétiques, mais plutôt de dépôt direct à partir du manganèse libéré dans les terres latéritiques.

Dans le Nord de l'île, il est probable que l'origine du Mn observé dans ces dépôts doit être exceptionnellement recherchée dans le Volcanique Moyen.

4,2.3.3 Si l'on admet la proposition de S.R.M. HARVEY comme quoi le pouvoir précipitant de MnO_2 en place est primordial, il faut noter que le gîte de Raouisse a pu s'enrichir localement selon ce processus.

Les gîtes de Raouisse et Immeus présentent en effet les particularités d'être :

- Raouisse : le dernier niveau perméable au contact du Volcanique peu perméable.
- Raouisse et Immeus :

à l'aplomb de gîtes de type syngénétique dans les calcaires et surtout en contrebas des terres latéritiques dérivant du Volcanique Ancien.

Une partie de la polianite secondaire tardive pourrait donc avoir cette origine, à Raouisse, mais pas à Immeus (le toit du gîte est imperméable).

4,3 ESSAI D'INTERPRÉTATION SUR LA MISE EN PLACE DE LA MINÉRALISATION LOCALISÉE DANS LES DÉPOTS ARGILEUX DU GRADIN II.

4,3.1 RAPPELS DE STRATIGRAPHIE.

Ce paragraphe suppose comme acquis la mise en place du dépôt argileux plus ou moins détritique par sédimentation d'un courant littoral NW-SE transportant les alluvions de la rivière du Sud. L'ordre de mise en place des dépôts est alors le suivant :

- éboulis anciens en bas de falaise I
- éboulis anciens et argiles plus ou moins détritiques
- argiles
- éboulis récents.

Les zones particulièrement détritiques du dépôt se trouvent à Leprumat et à Potnagnaï (gros galets roulés de Volcanique non altéré). Ailleurs la sédimentation détritique est plus fine, les galets sont peu nombreux, certaines passes argileuses restent graveleuses surtout à la base du dépôt.

Une forte altération pédologique a créé un sol aux dépens de l'argile dont la partie supérieure est alors rouge brique.

4,3.2 RAPPELS DE PROSPECTION.

4,3.2.1 La minéralisation est associée aux argiles et aux éboulis anciens sous des formes physiques diverses :

- Mouches, grains cristallisés d'oxyde de manganèse répartis dans la masse du dépôt.
- Rognons cristallisés, identiques à ceux trouvés à la surface du sol, répartis dans la masse du dépôt, à tous les niveaux, mais pouvant accidentellement être rassemblés en amas.
- Petits lits minéralisés superposés.
- Lentilles argileuses minéralisées, irrégulières, discontinues, dans lesquelles le minerai riche est lui-même réparti irrégulièrement. Ces lentilles peuvent être trouvées à tous les niveaux aussi bien en surface qu'au contact du calcaire sous-jacent (ou du Volcanique sous-jacent), aussi bien dans les argiles que dans les lentilles argileuses incluses dans les éboulis anciens.

4,3.2.2 L'ensemble du dépôt est assez fortement minéralisé (5 à 20 % Mn, moyenne : 8,5 %). Cette observation n'est valable que pour les zones étudiées plus en détail, Immeus et Potnagnaï, et un sondage fait arbitrairement à Ikao.

4,3.2.3 Certaines zones du gradin sont plus minéralisées que d'autres : Leprumat, Ikao, Immeus, etc...

4,3.3. HYPOTHÈSE D'UN DÉPÔT SECONDAIRE TARDIF DU AU REMANIEMENT D'UN GITE EN PLACE SITUÉ A UNE ALTITUDE PLUS ÉLEVÉE.

La présence de blocs de minerai épars à la surface du sol et d'une minéralisation recon nue dans la falaise I avait tout d'abord fait penser à cette hypothèse. Cependant :

- le peu de minéralisation trouvé dans la falaise I n'est pas en rapport avec les dépôts du gradin II ;
- les travaux postérieurs ont montré que, si une riche minéralisation dans la terre s'observe localement, les concentrations d'oxyde de manganèse sont réparties dans toute l'épaisseur des argiles. Le dépôt argileux, imperméable, interdit le passage à toute circulation d'eau, ce qui exclut l'hypothèse d'un dépôt secondaire tardif.

4,3.4 LA MINÉRALISATION S'EST MISE EN PLACE EN MÊME TEMPS QUE LE DÉPÔT ARGILEUX.

4,3.4.1 Cette affirmation est un corollaire du paragraphe précédent.

4,3.4.2 Il serait nécessaire de nuancer cette affirmation en ce qui concerne la base graveleuse ou caillouteuse faiblement perméable du dépôt argileux. Cependant, si la circulation d'eau y est possible, statistiquement cette base n'est pas plus minéralisée que la masse imperméable. Il est probable que la perméabilité a abouti au phénomène inverse : elle est responsable des dépôts de Mn dans les cavités du calcaire sous-jacent par lessivage de la minéralisation initialement en place dans la zone de contact argile graveleuse-calcaire.

4,3.4.3 La minéralisation dans la terre et en surface peut être due à l'altération pédologique commune qui donne, de bas en haut, argile jaune-argile rouge, argile terreuse, terre. Dans ces conditions le manganèse trouvé dans la terre doit être celui, peut-être remanié, initialement contenu dans l'argile.

4,3.5 L'ARGILE, LE MATÉRIEL VOLCANIQUE DÉTRITIQUE ASSOCIÉ (MINÉRAUX, GALETS ROULÉS ALTÉRÉS OU NON), LE MANGANÈSE ONT LA MÊME ORIGINE.

Tous deux proviennent du matériel volcanique affleurant dans l'arrière-pays. Ici toute indécision est levée quant à l'âge du Volcanique. Il n'y a pas de Volcanique III dans la région. Il ne peut s'agir que de Volcanique Ancien.

4,3.6 SI ON CONSIDÈRE LES CONCENTRATIONS DE MANGANÈSE, IL SEMBLE QUE LE MINÉRAI QUI LES CONSTITUE N'AIT PAS PU ÊTRE MIS EN PLACE PAR LA MÊME VOIE QUE LES DÉPÔTS TERRIGÈNES AMBIANTS.

4,3.6.1 Les matériaux terrigènes sur le gradin II ont été amenés à la mer par les rivières (la South River en particulier), repris et mis en place par un courant côtier.

4,3.6.2 La rivière ayant transporté argile et galets a pu amener du manganèse, mais :

- Il est admis que le manganèse précipite à l'état d'oxyde au contact eau douce/eau de mer (suivant une loi fonction du pH, de la concentration de certains ions, Ca^{++} en particulier, du potentiel oxydo-réducteur).
- Le rapport manganèse matériaux terrigènes est évidemment trop faible dans les alluvions amenées à la mer par une rivière pour expliquer des dépôts importants d'oxydes de manganèse quasi purs sans faire intervenir une concentration.
- Seuls les dépôts du gradin II sont minéralisés. Les rares argiles déposées sur les autres gradins (à une autre époque il est vrai) sont stériles.

4,3.6.3 En fait, le manganèse devrait être déposé en totalité à Leprumat (embouchure de la South River), et non à Immeus situé à 6 km au Sud-Est, *a fortiori* à Potnagnaï. Il devrait se trouver sous forme d'imprégnation du ciment argileux d'un cailloutis plus ou moins grossier : la sédimentation fine se faisant plus loin.

4,3.6.4 Les rivières à gros débit se « prolongent » assez loin en mer sans que l'eau douce se mélange à l'eau salée. Cette circonstance pourrait expliquer un dépôt tardif de manganèse. Cependant le courant côtier suffisant pour rabattre les alluvions sur le gradin II devait *a priori* brasser suffisamment les eaux pour assurer leur mélange. Néanmoins, l'observation des cours d'eau actuels déviés en mer par des courants semblables montre que leurs flancs, matérialisés par les argiles transportées, sont réguliers et nets sur une assez longue distance. La mise en place d'une partie du manganèse trouvé disséminé dans l'argile resterait possible par un tel processus.

4,3.7 LE VÉHICULE DU MANGANÈSE PEUT TRÈS PROBABLEMENT AVOIR ÉTÉ LES EAUX TRAVERSANT LA FALAISE I GRACE A LA CIRCULATION KARSTIQUE.

4,3.7.1 En effet :

- La circulation karstique est actuellement très développée dans la falaise. Il n'y a aucune raison que ce n'ait pas été le cas autrefois, vu la faible cohésion d'origine du matériel corallien.
- L'apport secondaire possible d'argile par circulation karstique a déjà été souligné au chapitre « Stratigraphie ».
- Les eaux venant à la mer par cette voie peuvent être riches en manganèse dissous ou suspendu mais pas en matériaux terrigènes lourds vu la vitesse quasi nulle.
- On sait qu'une nappe salée en contact avec une nappe douce pénètre très peu dans les terres et qu'un équilibre statique des deux nappes s'établit rapidement.
- A chaque marée basse, la nappe d'eau douce débordera en mer et le manganèse dissous se déposera sur le gradin au contact eau de mer-eau douce (il faut souligner que, quelle que soit la marée, la nappe d'eau douce a tendance à déborder étant alimentée par les eaux de pluie).

4,3.7.2 Cet apport karstique de manganèse, parallèle à celui des matériaux terrigènes, explique assez bien :

- La minéralisation générale du gradin : des fissures karstiques sont ouvertes pratiquement du Nord au Sud de la falaise I.
- Les dépôts rythmiques observés à petite échelle à Immeus : les lits de manganèse correspondraient à un début de période sèche (il n'y a plus de terre argileuse en

suspension dans les circulations karstiques), les lits d'argile à une pluie amenant des boues argileuses.

- Les zones plus minéralisées : elles correspondraient à l'emplacement, dans la falaise I, d'une ouverture de dégorgeement d'une grosse circulation karstique type source vaclusienne d'Immeus. Il est remarquable à ce sujet que le réseau hydrographique drainant la formation de Rautor et les alluvions la recouvrant se perd encore aujourd'hui au-dessus de Leprumat, Ikao, Immeus, Potnagnaï : toutes les zones les plus minéralisées du gradin II. Il est naturel d'admettre que ces eaux empruntent les mêmes ouvertures qu'autrefois.

4,3,8 LE MANGANÈSE DÉPOSÉ A PU ÊTRE REPRIS PAR LE COURANT CÔTIER SOUS FORME DE GRAINS OU DE BLOCS ET TRANSPORTÉ PLUS LOIN SUR LE GRADIN.

L'idée de transport amène celle de broyage et de reclassification lors du dépôt. Cette dernière proposition expliquerait en particulier les amas de blocs de manganèse trouvés à Potnagnaï où, justement, les galets volcaniques sont particulièrement nombreux. Le broyage peut être responsable d'une partie du minerai pulvérulent (très semblable au microscope, au minerai des concrétions ovoïdes). La polianite secondaire colmatant les fissures du minerai et tapissant les plages de todorokite peut également s'expliquer par une remise en suspension temporaire, contemporaine de ces phénomènes.

4,3,9 HYPOTHÈSE PROPOSÉE.

En conclusion des considérations précédentes, il a été retenu que :

- la minéralisation est liée à l'argile et aux dépôts argileux ayant recouvert le gradin II,
- elle est contemporaine de ces dépôts terrigènes, mais les facteurs de mise en place sont différents :
 - rivière et courant côtier pour le stérile et une partie de la minéralisation diffuse
 - eaux souterraines karstiques pour les concentrations de manganèse.
- un remaniement marin intraformationnel a été possible et une altération pédologique du gisement est certaine en quelques points.

4,4 ESSAI D'INTERPRÉTATION DE LA MISE EN PLACE DU GITE DE RAOUISSE.

4,4,1 RAPPELS DE STRATIGRAPHIE.

Lorsqu'elle existe, la minéralisation observée est toujours localisée dans la base transgressive de la série de Raouisse, à l'aplomb d'un gradin entaillé dans le Volcanique.

Localement, la base transgressive est formée par un tuf remanié à ciment calcaire. Ses éléments détritiques sont représentés par de petits débris d'origine volcanique (taille inférieure à 1/2 mm) dont la partie attirable à l'aimant est notable. A noter de rares galets disséminés dans la masse des tufs et un niveau de base, au contact du Volcanique formé par un tuf semblable, comportant un niveau à galets (galets très espacés, plats, de taille inférieure à 2 cm). La faune est représentée par de rares débris de coraux et des débris de Foraminifères. Le ciment calcaire est abondant.

4,4,2 RAPPELS DE PROSPECTION.

Ensemble des travaux de surface : la minéralisation est indépendante de celle trouvée dans les calcaires supérieurs. Il y a toujours hiatus entre les deux minéralisations.

- PB30 + G3 + G4 : le gîte peut être décalé par faille.

- J7 + GII : il existe un plateau supérieur volcanique ennoyé sous le sommet de la Série de Raouisse et la Série de Numpon.
- G3 + G7 + D7 : la minéralisation est continue dans la base transgressive sur une certaine distance.
- Ligne 7 : les seuls tufs minéralisés sont ceux qui se trouvent à l'aplomb du gradin entaillé dans le Volcanique I.
- BB15 : les tufs de base à l'aplomb du gradin ne sont pas minéralisés à 600 m de la Raouisse.
- Ensemble des travaux ayant traversé la minéralisation : les tufs conglomératiques au mur de la Série de Raouisse (zone de 0,5 m) sont très faiblement ou pas minéralisés.
- Géophysique : le gradin entaillé dans le Volcanique I est bordé à l'Ouest par un récif barrière et limité à l'Est par une falaise (ou une série de ressauts) sur laquelle s'appuient quelques récifs frangeants.

4.4.3 CARACTÈRE SYNGÉNÉTIQUE DU GITE DE RAOUISSE.

Le gîte est maintenant considéré comme essentiellement syngénétique. Le syngénétisme n'est absolument pas prouvé sur le terrain en ce sens qu'on n'a pas trouvé de galets remaniés de la couche manganésifère au toit de la formation (et vu la faible cohésion du minerai, il y a peu de chance de création de galets).

Le caractère détritique de la couche, largement confirmé par les observations microscopiques, est cependant un argument de valeur.

Certains faits argumentent en outre pour le syngénétisme en rendant improbable un enrichissement secondaire important :

4.4.3.1 La couche est décalée par failles. Les plans de faille sont stériles ou presque. Dans le cas d'une concentration, par enrichissement secondaire, dans un niveau privilégié, il faudrait donc admettre que le phénomène est antétectonique. Or, il n'y a pas de raison pour qu'un tel enrichissement ne se soit pas poursuivi depuis l'émersion des terres jusqu'à nos jours.

4.4.3.2 Il n'y a pas de minéralisation au toit du Volcanique en J7 et GII. Or, si la couche de base de la Série n'existe pas ici, le Volcanique, en revanche, est bien imperméable. En admettant que les conditions de dépôt secondaire soient moins favorables, il aurait dû y avoir au moins quelques traces de manganèse au contact du Volcanique (les terres rouges surplombant les sondages sont proches et on trouve des traces de Mn dans la Série de Raouisse supérieure).

4.4.3.3 Il n'y a pas de minéralisation dans le faciès de base transgressif en contrebas du gradin entaillé dans le Volcanique. Or les tufs à ciment calcaire qui le constituent sont de même nature, quoique plus détritiques.

4.4.3.4 Une zone stérile ou faiblement minéralisée existe toujours entre la minéralisation s.s. et le toit du Volcanique. En admettant un enrichissement secondaire *per descensum* on aurait pu s'attendre à ce que celui-ci commence par le bas, au contact de l'imperméable. Ce n'est pas le cas. Il serait possible d'objecter que les derniers décimètres perméables soient une zone de circulation d'eau horizontale où le dépôt ne se serait pas fait. Il n'en reste pas moins que les teneurs du minerai devraient varier de façon continue suivant la verticale. Ceci n'a jamais été observé.

Cet ensemble de preuves négatives fait qu'il faut écarter l'hypothèse admettant pour origine du gisement un enrichissement secondaire. Le minerai a été mis en place en même temps que la roche encaissante. Il faut cependant noter que le remaniement par les eaux d'infiltration reste certain. Il a pu se traduire par un enrichissement mais aussi par un appauvrissement (les terres manganésifères en contrebas du gisement en sont la preuve).

4,4,4 OBSERVATIONS SUR LES AGES RELATIFS DU GRADIN ENTAILLÉ DANS LE VOLCANIQUE I ET DE LA SÉRIE DE RAOUISSE.

La question se pose de savoir si le dépôt minéralisé s'est fait sur une terrasse existant avant la transgression ou créé pendant la transgression par stabilisation momentanée du niveau marin.

La seconde proposition semble plus probable car :

4,4,4.1 Il n'a jamais été observé de trace de dépôt continental entre le faciès de transgression et le Volcanique. Ces dépôts auraient pu être érodés par la transgression mais il est probable que des témoins subsisteraient.

4,4,4.2 L'hypothèse d'un arrêt assez long de la subsidence de l'île, suivi d'une reprise très lente du mouvement, cadre bien avec :

- la création d'un gradin côtier
- un dépôt prolongé de matériel terrigène en un même lieu
- la création d'un récif barrière.

4,4,5 OBSERVATIONS SUR LA COMPARAISON DES GITES DE RAOUISSE ET D'IMMEUS.

Cette localisation probable de la minéralisation sur une plate-forme littorale rapproche ce gîte de celui d'Immeus. La question s'est posée de savoir si le gîte de Raouisse n'était pas un gîte type Immeus recouvert par la transgression calcaire.

4,4,5.1 Si les deux roches encaissantes se caractérisent par la finesse de leur granulométrie générale, elles se différencient totalement par la nature du dépôt. A Immeus les dépôts argileux, quoique mis en place par un courant littoral, sont essentiellement terrigènes. A Raouisse, par contre, la sédimentation marine calcaire joue un grand rôle dans la création des tufs.

4,4,5.2 Sur le terrain et au microscope les minéralisations seraient assez semblables. Cependant des différences ont été observées. Elles portent essentiellement sur la plus grande abondance de todorokite et la plus forte concentration en phosphore à Raouisse, la dissémination de la minéralisation à Immeus, alors qu'il n'a été trouvé qu'une seule lentille à Raouisse.

4,4,5.3 A Immeus, le véhicule du manganèse peut très probablement avoir été les eaux traversant la falaise I grâce à la circulation karstique. A Raouisse, cette hypothèse est impossible car le relief dominant la plate-forme littorale est volcanique. Il faut donc admettre que l'apport de manganèse s'est fait par la même voie que celui du matériel terrigène.

4,4,6 L'ARRIVÉE COMMUNE DU MATÉRIEL TERRIGÈNE ET DE LA MINÉRALISATION A DU SE FAIRE PAR LA RAOUISSE.

4,4,6.1 En effet l'hypothèse d'un épandage éluvial débordant par dessus la plate-forme volcanique supérieure est à écarter car :

- la sédimentation aurait été plus argileuse que tuffeuse, ce qui n'est pas le cas et cadrerait assez mal avec la vie des coraux contribuant au développement du récif barrière ;
- il n'a jamais été retrouvé de traces d'un alluvionnement argileux sur la plate-forme supérieure au contact Volcanique-Sédimentaire.

4,4,6.2 Le gradin côtier repéré par la géophysique et la minéralisation s'élargit dans la Raouisse actuelle dont il « remonte » le cours (cf. fig. 26). Ceci est une preuve qu'il existait une rivière à l'emplacement de la Raouisse actuelle lors de la création du gradin.

Il n'y a jamais de coraux en face de l'estuaire des rivières, surtout lorsqu'elles alluvionnent. La sédimentation des particules d'origine volcanique et la précipitation du manganèse devaient se faire sur place, alors que les argiles étaient entraînées vers la passe et vers la mer.

4,4.7 HYPOTHÈSE PROPOSÉE.

D'après l'ensemble des remarques ci-dessus, il ressort que le gîte de manganèse de Raouisse s'est déposé dans un lagon étroit localisé sur une plate-forme littorale, entaillée dans le Volcanique. Il est en liaison directe avec l'estuaire d'une rivière débouchant dans ce lagon suivant le même tracé que la Raouisse.

Il y a arrêt de la minéralisation à 600 m de cette rivière. La teneur observée dans les sondages qui en sont éloignés de 200 m est plus faible que celle observée dans les prospectes implantés face à l'estuaire (7 à 30 % Mn en G7, contre 35 à 45 % Mn en PB3). Ceci suggère une diminution progressive de la teneur en Mn au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'estuaire. Cette diminution peut être soulignée par un enrichissement secondaire du gîte en PB1 et PB3 (cf. § 4,2.3.3).

5 — CONCLUSION

5,1 L'étude générale de l'île a montré que la seule minéralisation ne se présentant pas toujours à l'état de traces est la minéralisation en manganèse.

5,2 L'exposé des observations de terrain et des observations de laboratoire a conduit à la présentation d'hypothèses génétiques concernant les types de dépôts de minerai de manganèse présentant une ambiguïté ou un intérêt métallogénique. Ces diverses hypothèses génétiques sont regroupées et schématisées dans le tableau ci-contre (fig. 31).

5,2.1 Le manganèse est libéré par latéritisation et lessivage du Volcanique Ancien I et II, accessoirement du Volcanique III.

5,2.2 Transporté en suspension ou en dissolution par les eaux vadoses et les rivières, il s'est déposé accidentellement dans certains tufs volcaniques et certaines terrasses fluviales, mais la précipitation principale a eu lieu au contact eau douce/eau de mer.

Cette dernière précipitation a été la cause de la création de trois types de gîtes syngénétiques de la roche encaissante :

- minéralisation de Raouisse
 - minéralisation dans certains niveaux de la Série Sédimentaire Ancien (type Happyland)
 - minéralisation dans les dépôts argileux du gradin II (type Immeus)
- qui ont en commun les caractères suivants :
- dépôt côtier au contact eau douce/eau de mer
 - syngénétisme du dépôt d'oxydes de manganèse et de la roche encaissante
 - liaison du dépôt et d'un arrêt momentané de la vie récifale.

Si on ne considère que les parties riches de ces gîtes, le parallélisme peut être souligné par la finesse des dépôts terrigènes associés au manganèse (argiles ou tufs remaniés à ciment calcaire).

L'individualité de ces trois gîtes est due au milieu marin dans lequel s'est faite la précipitation :

- mer ouverte pour les gîtes type Happyland
- mer ouverte mais courant côtier rabattant les alluvions sur un gradin côtier pour Immeus
- lagon presque fermé pour Raouisse.

5,2.3 Les différents types de gîte cités ci-dessus ont été plus ou moins lessivés par les eaux d'infiltration. Des gîtes secondaires se sont créés dans les niveaux perméables situés en contrebas des gîtes syngénétiques. La minéralisation y colmate des cavités et des fissures dans les calcaires ou imprègne des terres et des formations de pente.

5,2.4 Trois principales phases de dépôt de minerai de manganèse ont donc été repérées dans l'histoire quaternaire de l'île. Cette observation n'est pas contradictoire avec une

C Y C L E D U M A N G A N E S E

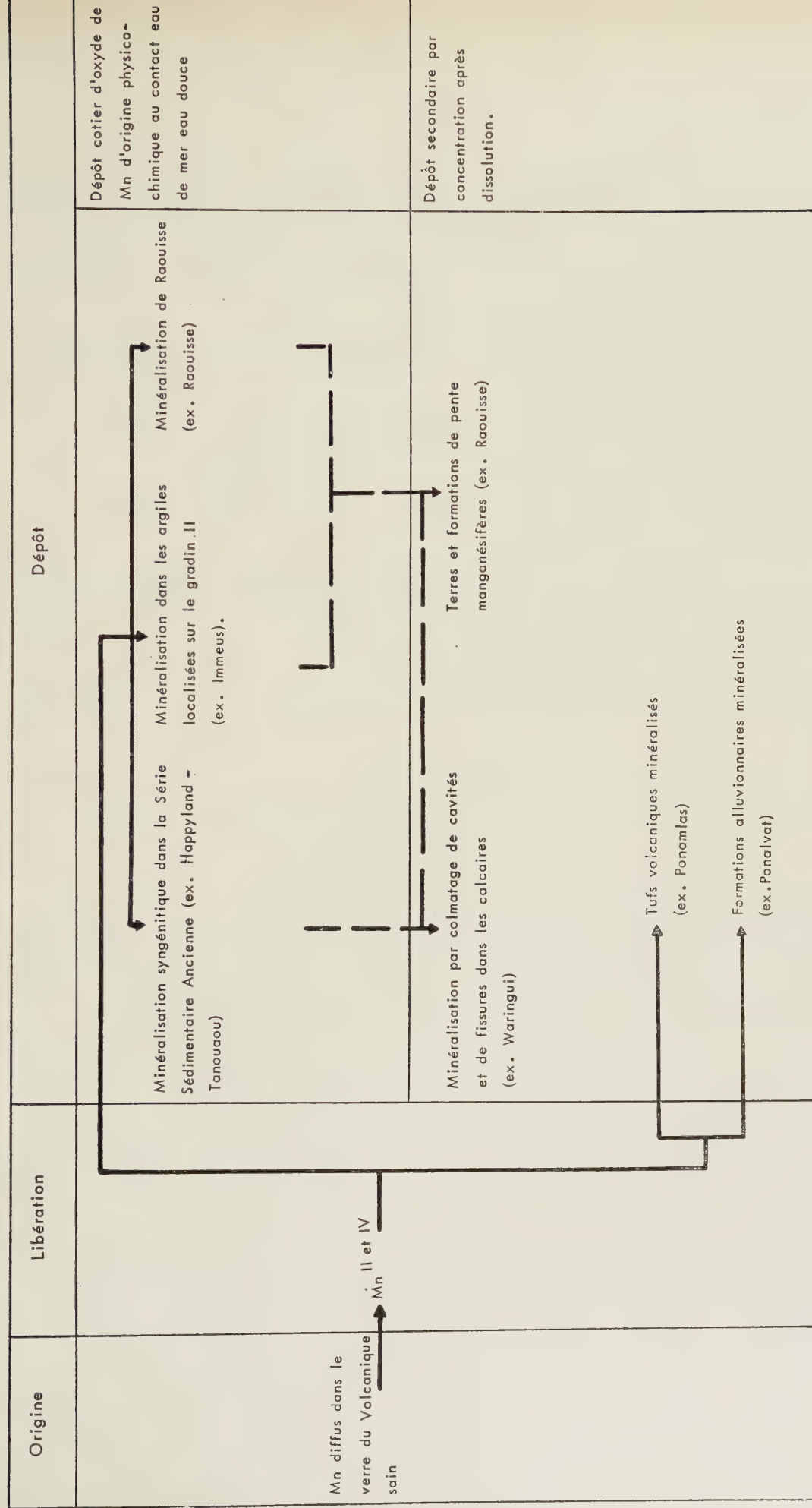


FIG. 31

permanence de l'apport en provenance du Volcanique Ancien latéritisé. L'apport général est certes constant, aux irrégularités de climat et de cycle d'érosion près, mais il est concentré dans certaines zones privilégiées : embouchures de rivières, débouché de circulations karstiques. Les conditions de dépôt sont elles-mêmes très rarement et temporairement réalisées : gradin littoral peu ennoyé sous le niveau de la mer, sédimentation terrigène fine. Ces différentes remarques expliquent la dispersion géographique des gîtes principaux d'Erromango et leur faible tonnage.

5,2.5 L'étude en laboratoire a mis en valeur l'extrême pauvreté de la paragenèse des gîtes de manganèse qui se limite en fait à deux espèces minérales : la todorokite et la polianite, les proportions de l'une et de l'autre étant, dans la plupart des cas, à peu près semblables.

Elle a, en outre, permis de préciser l'ordre de dépôt des minéraux manganésifères :

- polianite primaire, cryptocristalline, épigénisant les fossiles
- concrétions de todorokite
- polianite secondaire, finement cristallisée, déposée sur ces concrétions ou dans les fissures du minerai.

L'étude des gangues et des calcaires encaissants a montré la présence de l'apatite (très rare) mais aussi de la glauconite et, sous quelques réserves, de la dahllite et de la collophanite. Il apparaît ainsi probable que la teneur prohibitive en phosphore de certains minerais, Raouisse notamment, est due à la présence de telles impuretés.

CHAPITRE VIII

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

1 — GÉNÉRALITÉS

1,1 SITUATION

L'île Erromango fait partie de l'Archipel des Nouvelles-Hébrides, territoire placé sous condominium franco-britannique. On l'atteint de Port-Vila, centre administratif se trouvant dans l'île Vaté, 140 km au Nord-Ouest, par bateau ou par avion. Sa superficie est de 865 km² environ.

1,2 CLIMAT

Il est tropical humide. La température dépasse rarement 30° ; les pluies s'étalent sur presque toute l'année avec un maximum de décembre à mars.

1,3 RELIEF

Trois hauts-reliefs, anciens appareils volcaniques, atteignent 600 à 800 m. Le Centre Nord de l'île est occupé par le massif circulaire des Monts William et Umenel. La presqu'île est dominée par les reliefs abrupts du Pic de la Selle et du Pic Raa. Le massif des Monts Ungin et Welrum, situé au Sud du village Dillon, se prolonge vers le Nord-Est.

Le reste de l'île est grossièrement tabulaire (altitude 200 m à 300 m). La côte sud-est est basse. Partout ailleurs des falaises abruptes dominent la mer.

1,4 HYDROGRAPHIE.

Bien que le réseau hydrographique soit très serré, les rivières ne sont jamais bien importantes. L'influence sur le modelé des terrains se traduit, d'une part, en érosion accélérée des plus hauts reliefs, des crêtes tuffeuses en particulier, et, d'autre part, en un encaissement du réseau hydrographique dans les formations volcaniques anciennes constituant la majorité du plateau.

1,5 APERÇU GÉOLOGIQUE.

La reconnaissance géologique a porté sur l'ensemble d'Erromango. L'île est essentiellement volcanique, bordée par une ceinture sédimentaire organogène étroite. La tectonique

intense a un caractère exclusivement brisant. La seule minéralisation notable trouvée est formée par les oxydes de manganèse provenant du lessivage des matériaux volcaniques de l'île, déposés en gîtes syngénétiques dans différents niveaux des formations sédimentaires marginales.

2 — LES FORMATIONS VOLCANIQUES

Quatre manifestations volcaniques se sont succédé au cours de l'histoire géologique de l'île. Aucun ne présente de caractère permettant de conclure à des émissions sous-marines.

2,1 VOLCANIQUE I

Cette formation constitue le substratum connu d'Erromango. Elle affleure sur 265 km².

Selon toute probabilité elle est due à un épanchement émis par un système de fissures passant vraisemblablement par le Mont Ungin. Son extension primitive devait dépasser assez largement les limites actuelles de l'île.

La nature pétrographique est basaltique et basalto-andésitique. Il y a des coulées franches, des coulées à bloc et du matériel remanié à aspect conglomératique interstratifié entre les coulées. Ultérieurement un dépôt fluviovolcanique remaniant les couches superficielles désagrégées s'est accumulé dans les points bas et en bordure de côte ouest où quelques coraux se sont interstratifiés dans la masse terrigène.

2,2 VOLCANIQUE II

Cette manifestation constitue en fait une phase tardive du Volcanique I, les laves émises se distinguant surtout à l'analyse chimique par leur teneur élevée en magnésium. Son extension actuelle est de 157 km².

Un appareil éruptif a été reconnu au Mont Ungin. Il est probable qu'il n'a pas été le seul, mais les autres appareils soupçonnés sont trop mal conservés pour être authentifiés.

Les dépôts observés sont en majeure partie formés de matériel volcanique peu à très remanié. Trois grandes coulées superposées s'étendent cependant vers l'Est où elles recouvrent le Volcanique I très latéritisé.

2,3 VOLCANIQUE III.

Cette troisième activité s'est réduite à l'édification d'appareil constituant actuellement le relief circulaire des Monts William et Welrum dans le centre Nord de l'île : sa superficie est de 145 km².

Les matériaux émis sont de même nature que ceux du Volcanique Ancien I et II, les venues tardives mimant l'évolution chimique du Volcanique II. Les matériaux remaniés, au faciès bréchique, forment l'essentiel du Volcanique III. Une coulée bréchique a été observée à la base de la formation, dans sa zone nord-ouest. En phase terminale une coulée homogène s'interstratifie dans les matériaux remaniés.

Consécutivement à une phase tectonique d'effondrement qui est à l'origine d'une caldeira centrale, une effusion tardive est venue s'épandre dans cette dépression. Des dykes se sont injectés ensuite dans l'effusion tardive et sur les versants de l'appareil. Postérieurement à toute activité éruptive, un remaniement fluviovolcanique très limité s'est mis en place au fond de la caldeira, masquant en partie l'effusion tardive.

A cette activité se rattachent quelques lits de cendres interstratifiés dans le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne. Ce fait assure la chronologie entre les deux formations.

2,4 VOLCANIQUE IV.

Cette formation est due à la dernière manifestation volcanique connue sur Erromango. Elle est limitée à la presqu'île est et couvre 25 km².

Le matériel, de nature basaltique, n'est trouvé qu'exclusivement remanié. Aucune coulée n'a été observée.

3 — LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

Les formations sédimentaires, organogènes et détritiques, couvrent 274 km². Elles se répartissent autour de l'île entre les altitudes 0 à 250 m. Toutes sont d'âge quaternaire, les plus anciennes pouvant à la rigueur être rattachées à la fin du Pliocène.

3,1 LITHOLOGIE.

La lithologie est fonction des mouvements épéirogéniques de l'île, de la vie récifale, des apports terrigènes et des pièges pouvant retenir ceux-ci ; enfin, mais, accessoirement, des activités volcaniques contemporaines.

Les mouvements épéirogéniques sont primordiaux car ils ont régi les cycles d'érosion et permis, lors des subsidences, l'édification de récifs importants. L'île a tout d'abord subi deux subsidences lentes successives, de 200 m et 50 m environ. Elle a ensuite retrouvé sensiblement la même altitude grâce à une surrection relativement continue dans le Nord, mais s'effectuant dans le Sud-Ouest en quatre mouvements assez brusques, séparés par des périodes de stabilisation. Les formations sédimentaires les plus importantes par leur extension et leur puissance ont été édifiées pendant les périodes de subsidence.

La vie récifale est également un des facteurs déterminants de la lithologie : la majeure partie des roches sont des calcaires construits. Ces calcaires proviennent d'anciens récifs coralliens organisés en récifs frangeants ou barrières, exceptionnellement en édifications isolées. Les formes coralliennes y sont encore abondantes et les déterminations micropaléontologiques souvent gênées parce que les restes organiques sont brisés, montrent néanmoins une faune semblable à la faune actuelle.

Les apports terrigènes sont tous d'origine volcanique. Ils proviennent de roches altérées ou non. Leur granulométrie est très variée : galets roulés de lave (30 cm à 0,5 cm), fins débris arrachés aux tufs, cristaux brisés, argiles dérivant des terres latéritiques. Ils se sont déposés en bordure de rivage ou dans des lagons étroits et sont à l'origine des conglomérats à ciment calcaire, des tufs à ciment calcaire, des calcaires tuffeux, des argilites consolidées et des dépôts argileux à galets.

Le Volcanique III est responsable de quelques lits de cendres dans le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne.

3,2 LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE (subsidence de 200 m environ).

Elle couvre 230 km², ceinture toute l'île et constitue de fort loin la formation sédimentaire la plus importante d'Erromango.

Elle comprend trois faciès principaux :

- une base détritique (0,5 à 10 m) où les éléments terrigènes sont prédominants (conglomérats et tufs à ciment calcaire)
- une zone moyenne détritique (150 m environ) où les apports terrigènes sont encore notables quoique de granulométrie plus fine
- une zone supérieure organogène (60 m environ) où les apports terrigènes sont exceptionnels.

Partout autour d'Erromango la roche principale reste le calcaire construit. Les faciès détritiques s'observent principalement au Nord d'une ligne Pointe de Paton-Ifor où la Série s'édifiait sous forme de récif frangeant. Dans le Sud-Est de l'île la surrection, incomplète, ne fait affleurer que la zone supérieure calcaire.

La microfaune de la Série Sédimentaire Ancienne, quoiqu'en mauvais état et assez pauvre (surtout *Amphistegina*, *Calcarina*, *Gypsina*, *Planorbulinella*) permet de rapporter l'ensemble au Quaternaire, toutes réserves étant faites pour la base qui pourrait être de la fin du Pliocène.

3,3 LA SÉRIE DE NUMPON (subsidence de 50 m environ).

La Série de Numpon s'est édifiée sur la Série Sédimentaire Ancienne à la faveur d'une seconde subsidence de l'île, ayant atteint une cinquantaine de mètres.

Les divers faciès observés sont sensiblement les mêmes que ceux de la série sous-jacente, les facteurs commandant le dépôt étant semblables. La roche caractéristique est un calcaire zoogène, jaune à orangé, à cassure saccharoïde. Elle est souvent la seule trouvée, soit que l'érosion ait enlevé le reste du dépôt, soit qu'elle ait été la seule édifiée, la Série de Numpon se construisant en récif barrière.

La Série de Numpon étant souvent indiscernable de la Série Sédimentaire Ancienne, ces deux formations ont été groupées sous le nom de Récif Ancien.

3,4 LA FORMATION DE RAUTOR.

La formation de Rautor est due au colmatage par des apports terrigènes de granulométrie variée des lagons étroits ayant existé entre les anciens récifs barrières et le substratum volcanique.

Très errodée, elle affleure au Sud de la ligne Pointe de Paton-Ifor, de façon intermittente, le long du Récif Ancien. Sa puissance résiduelle atteint 40 m. Sa coupe est la suivante :

- base : accumulation de galets volcaniques cimentés par une argile graveleuse (moins d'un mètre quand elle existe)
- zone moyenne : argilite beige indurée englobant de fins galets volcaniques altérés disposés en étroits lits discontinus, des petits cristaux de gypse et des concrétions pseudo-oolithiques d'oxydes de fer disséminés dans la masse (puissance 30 m).
- zone supérieure (puissance 10 m)
 - niveau jaune inférieur : matériel argileux jaune englobant des galets volcaniques nombreux et de grosse taille ;
 - niveau rouge supérieur : matériel argileux rouge englobant des galets volcaniques peu nombreux et souvent altérés.

*
**

Après l'édification de la Série de Numpon, quatre mouvements épéirogéniques positifs ont soulevé l'île, le Récif Ancien se trouvant finalement amené à l'altitude moyenne de 200 m. Au Sud d'une ligne Potiaragou-Ifor ces mouvements ont été assez brusques et séparés par des périodes de stabilisation prolongées : des gradins côtiers dus à l'érosion marine témoignent de ces arrêts de l'émergence (altitude : 200 - 100 - 60 - 20 m). Dans le Nord de l'île le mouvement, tout en gardant la même amplitude totale, a été à peu près continu : les gradins sont irréguliers et estompés. La côte sud-est, par contre, a été peu relevée : 20 m dans la région nord d'Ifor. Une faille est-ouest passant par Ifor sépare, au Sud, le Récif

Ancien très soulevé, du Récif Ancien peu soulevé. Un gauchissement léger de l'île permet le raccordement dans le Nord d'Erromango.

Les formations sédimentaires mises en place pendant et après l'émergence de l'île sont peu importantes par leur surface d'affleurement et leur puissance.

★★

3,5 DÉPOT ESSENTIELLEMENT ARGILEUX SUR LE GRADIN II.

Ces dépôts sont localisés sur le gradin II de la côte ouest au sud de Baie du Sud. Ils ont été amenés, pour la majeure partie, par un courant littoral rabattant vers le Sud-Est les alluvions de la Rivière du Sud. Leur puissance a atteint 40 m, mais ils sont très érodés.

Le dépôt comprend une base d'argile graveleuse englobant quelques galets volcaniques, surmontés par une argile jaune, rubéfiée en surface. Quelques galets volcaniques sont répartis dans la masse de l'argile, tandis que des accumulations sont groupées en nids dans certaines zones restreintes. Au pied de la falaise I s'observent des éboulis calcaires anciens, altérés, dans lesquels l'argile s'est interstratifiée tandis que des éboulis calcaires récents, non altérés, recouvrent la formation.

3,6 ÉDIFICATIONS CORALLIENNES SECONDAIRES DIVERSES.

Lors des périodes de stabilisation du niveau marin, de petits récifs secondaires se sont édifiés sur le Récif Ancien. Ils sont discontinus et assez difficilement discernables des calcaires coralliens plus anciens.

3,7 CALCAIRES DE MELVÉ IMPONKOR.

Une oscillation eustatique de 4 m a localement érodé une terrasse marine qui n'est d'ailleurs bien marquée que sur la côte sud-est. Les calcaires de Melvé Imponkor sont les témoins d'une édification corallienne de faible puissance qui s'est développée pendant l'immersion temporaire.

3,8 AUTRES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES.

La « formation de Ponalvat » est localisée dans le cours inférieur des rivières du Nord. C'est une ancienne terrasse fluviatile contemporaine de la Série de Numpon. Les terrasses fluviatiles actuelles ne sont guère représentées que dans la rivière Dillon qui en montre trois, emboîtées. Les formations côtières actuelles sont négligeables : des coraux et de rares plages de galets.

4 — TECTONIQUE

Dans ce pays volcanique instable la tectonique a été exclusivement brisante. Elle a morcelé l'île en une quantité de panneaux dont la plupart ont joué verticalement. L'histoire tectonique d'Erromango se répartit dans toute son histoire géologique, mais les directions principales observées sont liées à la phase finale des différentes manifestations volcaniques. Le caractère essentiel de la tectonique locale est dû à la pérennité des failles anciennes dont la plupart ont rejoué lors de chaque phase tectonique nouvelle. Les principales manifestations tectoniques distinguées sont les suivantes :

4,1 PHASE TECTONIQUE EN LIAISON AVEC LA PHASE FINALE DU VOLCANIQUE I.

- effondrements nord-sud et nord-ouest-sud-est ayant créé la forme générale de l'île
- failles du réseau nord-sud (secteur 15° ouest-15° est)
- faille Potiaragou-Ifor (nord-ouest-sud-est).

4,2 PHASE TECTONIQUE EN LIAISON AVEC LA PHASE FINALE DU VOLCANIQUE II.

- rejeu de certaines failles précédentes
- failles du réseau nord-est-sud-ouest (secteur 45° ouest-20° ouest).

4,3 PHASE TECTONIQUE EN LIAISON AVEC LA PHASE FINALE DU VOLCANIQUE III.

- rejeu de certaines failles précédentes
- failles du réseau nord-ouest-sud-est (secteur 45° est-60° est)
- pendages côtiers de la Série Sédimentaire Ancienne dans le Nord-Ouest de l'île
- affaissement de la caldeira centrale du Volcanique III.

4,4 PHASE TECTONIQUE MINEURE EN LIAISON AVEC LES MOUVEMENTS ÉPÉIROGÉNIQUES.

- faille est-ouest de Potiaragou Ifor
- rejeu de la faille Potiaragou Ifor et de certaines failles du Sud limitant des panneaux surélevés dans le Sud
- fracturation de l'ensemble du Sédimentaire existant.

4,5 PHASE TECTONIQUE MINEURE EN LIAISON AVEC LA PHASE FINALE DU VOLCANIQUE IV.

- fracturation du Volcanique IV
- nouvelle fracturation du Sédimentaire (y compris les calcaires de Melvé Imponkor) par rejeu léger des failles antérieures.

5 — STRATIGRAPHIE

La stratigraphie est basée sur l'étude micropaléontologique de la Série Sédimentaire Ancienne qui est quaternaire, la base pouvant être rattachée à la fin du Pliocène, et sur les relations de terrain des autres formations qui sont datées d'après la Série Sédimentaire Ancienne. La succession des différentes formations est rappelée ci-dessous avec les critères de terrain principaux permettant de les dater.

VOLCANIQUE I (Pliocène ?) : forme le substratum de toutes les formations connues.

PREMIÈRE PHASE TECTONIQUE.

VOLCANIQUE II (Pliocène ?) : discordant sur le Volcanique I mais surtout mis en place sur le Volcanique I déjà latéritisé.

SECONDE PHASE TECTONIQUE.

SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE (Quaternaire) : transgressive sur le Volcanique Ancien I et II.

DÉBUT DE LA FORMATION DE RAUTOR : faciès de base détritique et faciès argilite déposés sur le Volcanique I ou II au contact de la Série Sédimentaire en relief (récif barrière).

VOLCANIQUE III.

Cendres volcaniques interstratifiées dans le sommet de la Série Sédimentaire Ancienne à Raouisse. Tufs interstratifiés, au Nord, dans les calcaires coralliens du sommet de la Série Sédimentaire Ancienne.

TROISIÈME PHASE TECTONIQUE.

Effusion tardive du Volcanique III. Dykes.

SÉRIE DE NUMPON : transgressive sur la Série Sédimentaire Ancienne pentée, sur le Volcanique Ancien I et II et sur le Volcanique III.

FORMATION DE PONALVAT : repose sur Volcanique III.

DÉBUT DE L'ÉMERSION FINALE DE L'ILE.

Faïlle est-ouest d'Ifor et failles associées.

Dans le Sud-Ouest, première stabilisation après un mouvement épéirogénique positif de 100 m.

DÉPOTS ESSENTIELLEMENT ARGILEUX SUR LE GRADIN II.

Dépôt sur un gradin entaillé dans le Récif Ancien.

FIN DE LA FORMATION DE RAUTOR : faciès franchement détritique dû à une reprise de l'érosion.

FIN DE L'ÉMERSION DE L'ILE, création des gradins III et IV dans le Sud-Ouest.

ÉDIFICATION SPORADIQUE DE RÉCIFS SUR LES GRADINS III ET IV.

VOLCANIQUE IV : repose à l'Ouest sur la Série de Numpon.

OSCILLATION EUSTATIQUE DE 4 M : création de la basse-terrasse marine.

CALCAIRES DE MELVÉ IMPONKOR : reposent sur le Récif Ancien et sur le Volcanique IV.

DERNIÈRE PHASE TECTONIQUE : calcaires de Melvé Imponkor fracturés.

6 — PROSPECTION

La prospection a d'abord porté sur l'ensemble des minéralisations possibles aux Nouvelles-Hébrides. Elle a été rapidement ramenée au seul manganèse.

Un inventaire des indices de manganèse a tout d'abord été réalisé. Il a permis de constater que les formations volcaniques étaient stériles (du point de vue économique) et que, dans les formations sédimentaires, deux périmètres seulement présentaient un intérêt : zone Ponalvat-Pointe Christina et zone Bunkel-Pointe Pilbarra.

Une étude plus détaillée par puits, tranchées et sondages à la tarière à main a permis de définir les structures des différents types de gîtes et d'entreprendre une prospection complémentaire sur des gîtes pouvant présenter un intérêt économique :

— Gîte type Happyland ; minéralisation de certains calcaires et horizons finement détritiques de la Série Sédimentaire Ancienne.

- Gîte type Immeus : minéralisation dans les dépôts argileux du gradin II.
- Gîte type Raouisse : minéralisation dans le faciès transgressif de la Série Sédimentaire Ancienne.

A la fin de cette seconde phase du travail, seuls les gîtes type Immeus et type Raouisse offraient encore une chance raisonnable de rentabilité économique. Le premier type de gîte a été étudié en détail par sondages Conrad, sondages à la tarière à main, puits et tranchées. La prospection de détail du gîte de Raouisse a été menée par sondages au diamant et par géophysique.

Cette dernière prospection de détail a permis de connaître mieux les caractéristiques des deux gîtes et, partant, d'apprécier leur valeur économique. On verra qu'ils sont étroits, d'une extension latérale très limitée.

GITES DE MINÉRAI DE MANGANÈSE, LENTICULAIRES, DANS LE DÉPÔT ARGILEUX RECOUVRANT LE GRADIN II ENTRE BAIE DU SUD ET PILBARRA.

Le dépôt argileux a une puissance résiduelle moyenne de 4 m et est faiblement minéralisé (4 à 15 % Mn). Une minéralisation exprimée s'observe en outre disséminée dans la masse des argiles, à tous les niveaux du dépôt, sous forme de grains, de blocs ovoïdes de minéral massif et de lentilles de minéral pulvérulent. Ces lentilles, dont la puissance peut atteindre 6 m, ont une longueur inférieure à 150 m. Leur teneur atteint 40 à 48 % Mn avec 0 à 0,17 % P.

GITE DE RAOUISSE.

Ce gîte est localisé dans la base transgressive tuffeuse de la Série Sédimentaire Ancienne à l'aplomb d'un gradin entaillé dans le Volcanique I. La largeur du gradin, 200 m environ, donne celle du gîte. L'extension de la minéralisation est très limitée de part et d'autre de la Raouisse. Elle est inférieure à 600 m. La puissance minéralisée varie de 4 à 6 m. La teneur en manganèse décroît très sensiblement lorsque l'on s'éloigne de l'affleurement de la rivière (45 % à l'affleurement, 7 à 30 % à 200 m). La minéralisation contient une teneur en phosphore prohibitive : 0,7 à 1,2 % P.

7 — MÉTALLOGÉNIE

En prospection, lors de l'étude détaillée des gîtes principaux, le syngénétisme du dépôt d'oxydes de manganèse et de la roche encaissante est rapidement apparu comme un caractère primordial. Cela s'est révélé un fil conducteur solide et fidèle pour les recherches. Comme ces gîtes se trouvent à des niveaux stratigraphiques différents et dans des roches de nature différente, la question de l'origine du manganèse et des conditions de son dépôt s'est rapidement posée.

ORIGINE DU MANGANÈSE.

Aucune minéralisation hydrothermale primaire n'ayant été trouvée ou soupçonnée sur l'île, un dépôt purement marin étant exclu pour des raisons chimiques et par la localisation des gîtes, l'hypothèse a été émise que le manganèse se trouve à l'état de traces dans la constitution des roches volcaniques de l'île, dans le verre des basaltes notamment, et qu'il est libéré par l'altération latéritique.

MODES DE TRANSPORT ET DE DÉPÔT.

Ils ont été largement étudiés par différents auteurs et n'ont fait l'objet d'aucune recherche locale particulière. Il est cependant intéressant de noter que le transport se faisant

par eau vive, MnO tend à s'oxyder très rapidement, et que le mode de transport le plus répandu sera un transport en suspension du manganèse tétravalent sous forme de MnO_2 , hydraté ou non, et de manganates formés par Mn^{IV} et Mn^{II} associés aux autres cations libérés par l'altération volcanique (Ca, K, Na, Mg). Ces manganates peuvent précipiter sous forme de gels colloïdaux d'où naîtra la todorokite, minéral caractéristique des gisements de manganèse. Les conditions de concentration, de pH et le potentiel oxydoréducteur variant brusquement au contact eau douce-eau salée, les minéraux de manganèse seront précipités par la floculation des colloïdes et se déposeront. Des gîtes de remaniement peuvent ainsi se créer si les conditions d'accumulation sont remplies.

GITE DE RAOUISSE.

C'est le plus ancien gîte de manganèse connu sur Erromango. Il se trouve dans le faciès détritique de base de la Série Sédimentaire Ancienne. Il peut néanmoins être rapporté au Quaternaire, car il n'est pas contemporain du début de l'édification du Récif Ancien.

Il ressort de l'étude du gîte que la minéralisation s'est déposée dans un lagon étroit localisé sur une plate-forme littorale entaillée dans le Volcanique Ancien I. Le gîte est en liaison directe avec l'estuaire d'une rivière ancienne débouchant dans ce lagon, la teneur en Mn diminuant au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tracé de cette rivière.

La paragenèse du gîte est simple puisque deux minéraux de manganèse seulement sont en présence : la polianite et la todorokite. La polianite se présente sous forme cryptocristalline et sous forme finement cristallisée. La todorokite ($Mn^{II}Ca, Mg, Ba, K, Na)_2 Mn^{IV}_5 O_{12} BH_{20}$, apparaît en concrétions de grande taille à allure efflorescente et penniforme. Les proportions de todorokite et de polianite sont à peu près semblables quoique le minerai compact contienne plus de todorokite que le minerai pulvérulent.

L'ordre des dépôts des minéraux manganésifères est caractérisé par la formation des concrétions de todorokite qui a suivi l'épigénisation des fossiles par la polianite cryptocristalline ; la polianite finement cristallisée s'est déposée plus tardivement sur les concrétions et dans les fissures du minerai.

L'origine du phosphore du minerai ne peut être attribuée à la teneur en phosphore de la todorokite, ni à l'apatite très rarement trouvée dans les lames minces faites dans les tufs à ciment calcaire et les calcaires encaissants (pas plus que dans le matériel volcanique en place). Elle doit plutôt être recherchée dans des phosphates de chaux type dahllite et collophanite et dans la glauconite qui ont précipité dans la gangue (minéraux non observés dans la minéralisation qui masque tout, mais remarqués dans des calcaires voisins).

GITES « TYPE HAPPYLAND » DANS CERTAINS CALCAIRES ET HORIZONS FINEMENT DÉTRITIQUES DE LA SÉRIE SÉDIMENTAIRE ANCIENNE.

Ces gîtes de manganèse se trouvent dans des calcaires souvent microbréchiques et dans des tufs à ciment calcaire. La minéralisation semble liée à un faciès finement détritique de la Série Sédimentaire Ancienne et non à un niveau stratigraphique. On constate toujours le syngénétisme du dépôt minéralisé et de la roche encaissante.

Les teneurs en manganèse sont faibles dans les calcaires : 20 % Mn. Dans les tufs à ciment calcaire elles peuvent exceptionnellement atteindre 45 % Mn. Les puissances minéralisées sont très variables et elles dépassent rarement trois mètres. Les extensions sont réduites à une centaine de mètres au maximum.

La notion du piège favorable à l'accumulation de la minéralisation est ici difficile à distinguer. Le caractère finement détritique fait penser à une interruption locale de la vie récifale due à un petit apport terrigène permanent déposé sur une plage avant le récif s.s.

La paragenèse de ces gîtes est semblable à celle du gîte de Raouisse, la succession polianite cryptocristalline-todorokite étant plus floue et des remaniements ultérieurs masquant les dépôts primitifs.

GITES « TYPES IMMEUS » DANS LES DÉPOTS ARGILEUX RECOUVRANT LE GRADIN II.

Ce type de gîte syngénétique est le plus récent connu à Erromango. Comme les argiles, il est contemporain de la stabilisation ayant suivi le premier mouvement épéirogénique positif dans le Sud-Ouest de l'île.

Après une étude par éliminations successives, il a été finalement admis que, si la minéralisation est contemporaine des dépôts terrigènes essentiellement argileux, les facteurs de mise en place sont différents :

- rivière et courant côtier pour le stérile et une partie de la minéralisation diffuse ;
- eaux souterraines karstiques pour les concentrations de manganèse.

Le piège favorable à l'accumulation de la minéralisation est ici un gradin côtier immergé, en contrebas d'une falaise calcaire que traverse une circulation karstique, et sur lequel s'accumulent des dépôts terrigènes fins.

La paragenèse du gîte est encore semblable à celle du gîte de Raouisse dont elle ne diffère pratiquement pas, si ce n'est par une plus forte proportion de polianite et par la présence de quelques grains de limonite associés aux minéraux de manganèse.

CARACTÈRES COMMUNS AUX GITES PRINCIPAUX DE MANGANÈSE.

Les trois gîtes principaux rappelés sont des gîtes syngénétiques de la roche encaissante ; ils se sont déposés au contact eau de mer-eau douce et sont en liaison directe avec un arrêt momentané de la vie récifale. Les dépôts terrigènes associés à la minéralisation riche sont toujours très fins.

L'individualité de ces gîtes réside surtout dans le milieu marin littoral dans lequel s'est faite l'accumulation : un lagon presque fermé à Raouisse, une grève protégée par un récif bas face à la mer ouverte à Happyland, un gradin côtier immergé sur lequel sont rabattues des alluvions par un courant littoral à Immeus.

Trois phases principales de dépôt d'oxydes de manganèse ont donc été repérées dans l'histoire quaternaire d'Erromango. Cette observation n'est pas contradictoire avec une permanence de l'apport en provenance du Volcanique Ancien latéritisé (apport fonction des irrégularités de climat et des cycles d'érosion). Pour qu'il y ait formation d'un gîte de manganèse, plusieurs conditions naturelles doivent être remplies simultanément : sédimentation terrigène fine, existence d'un piège permettant l'accumulation des dépôts minéralisés, embouchure de rivière ou circulation karstique débouchant en mer face à ce piège.

AUTRES GITES DE MANGANÈSE DANS LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES D'ERROMANGO.

Les autres types de gîtes observés dans le Sédimentaire sont dus à des remaniements, par les eaux d'infiltration, des gîtes syngénétiques principaux. Ces gîtes secondaires se sont déposés dans des milieux perméables en contrebas des gîtes lessivés. La minéralisation y imprègne des terres et des formations de pente ou y colmate des cavités et des fissures dans les calcaires.

8 — CONCLUSION A CETTE ÉTUDE

Ce travail sur Erromango laisse dans l'ombre un certain nombre de points que nous tenons à préciser pour le cas où d'éventuelles études seraient reprises sur l'île. Etabli à la suite de recherches minières qui limitaient obligatoirement à un secteur de stricte rentabilité le champ des investigations, il a permis de garantir qu'aucun gîte important de manganèse ne doit s'y trouver. Soit que des substances nouvelles y soient recherchées, soit qu'un travail purement scientifique y soit entrepris, il apparaîtra souhaitable de mieux connaître la cartographie, la pétrographie des roches sédimentaires et volcaniques, la métallogénie du manganèse. On notera cependant que la densité des itinéraires de reconnaissance a permis le dessin d'une carte géologique au 1/50 000 suffisamment rigoureux, tandis que les détails topographiques et toponymiques ont largement progressé. D'autre part l'échelle stratigraphique, la tectonique générale et de détail, l'origine et les conditions de dépôt du manganèse nous ont permis de retracer l'histoire géologique de cette île, qui, bien que récente, a connu une activité intense pendant le Quaternaire.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. (1946-47). — Fossiles néogènes et quaternaires des Nouvelles-Hébrides. *Ann. Paléont., Fr.*, **32**, 113 p., 5 pl., carte.
- ABRARD R., AUBERT DE LA RUE E. (1937). — Sur l'existence du Néogène Supérieur à Cyclocypeus aux îles Epi et Malekula, Nouvelles-Hébrides. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, **204**, p. 1951-1953.
- ABRARD R., AUBERT DE LA RUE E. (1937). — Sur la présence du Pliocène à l'île Malekula. *C. R. Acad. Sci., Fr.*, **205**, p. 290-292.
- ABRARD R., AUBERT DE LA RUE E. (1938). — Notes sur les dépôts quaternaires et les récifs soulevés des Nouvelles-Hébrides. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), **8**, n° 1-2, p. 63-66.
- AMSTUTZ A. (1933). — Les solfatares de Vanua Lava, en Mélanésie. *Bull. suisse Minéral. Pétrogr.*, **13**, p. 305-307.
- AUBERT DE LA RUE E. (1936). — Recherches géologiques et minières dans l'Archipel des Nouvelles-Hébrides. Rapport au Ministre des Colonies.
- AUBERT DE LA RUE E. (1937). — Le volcanisme aux Nouvelles-Hébrides, Mélanésie. *Bull. volcanol., Ital.*, (2), **2**, p. 72-142.
- AUBERT DE LA RUE E. (1939). — Les minéraux des Nouvelles-Hébrides. *Bull. Mus. nation. Hist. nat., Fr.*, (11), **40**, p. 342-348.
- AUBERT DE LA RUE E. (1956). — La géologie des Nouvelles-Hébrides. *J. Soc. Océanistes, Fr.*, **12**, p. 63-98, 3 pl., carte.
- BAKER J.R. (1929). — The Northern New-Hebrides. *Geogr. J., G. B.*, **73**, n° 4, p. 305-325, pl., carte.
- BAKER J.R. (1935). — Espiritu Santo. *Geol. J., G.B.*, **85**, n° 3, p. 209-233, pl., carte.
- B.R.G.M. — Rapports inédits BERNATZKY, CHERMETTE, JEANBRUN, LEMAIRE, SAGATZKY.
- CHAPMAN F. (1905). — Notes on the older tertiary foraminiferal rocks on the west coast of Santo, New-Hebrides. *Proc. linn. Soc. New S. Wales*, **30**, p. 261-274, 4 pl.
- CHAPMAN F. (1907). — On the tertiary limestones and foraminiferal tuffs of Malekula, New-Hebrides. *Proc. linn. Soc. New S. Wales*, **32**, p. 745-760, pl. 37-41.
- CHAPMAN F., MAWSON D. (1906). — On the importance of Halimeda as a reef-forming organism: with a description of the Halimeda limestones of the New-Hebrides. *Quart. J. geol. Soc. London*, **62**, p. 702-711, pl.
- FREDERICK (1893). — Geological Notes on certain Islands in the New-Hebrides. *Quart. J. geol. Soc. London*, **49**, p. 227-232.
- LACROIX A. (1941). — Composition minéralogique et chimique des laves des volcans des îles de l'Océan Pacifique situées entre l'Equateur et le Tropique du Capricorne, le 175° de longitude Ouest et le 165° de longitude Est. *Mém. Acad. Sci., Fr.*, **63**, 1936-1939, n° 2, 97 p., 9 pl., 1 carte.
- MAWSON D. (1905). — The geology of the New-Hebrides. *Proc. linn. Soc. New S. Wales*, **30**, part. 3, p. 400-485.
- OBELLIANNE J.M. (1958). — Contribution à la connaissance géologique de l'Archipel des Nouvelles-Hébrides. Thèse. Nancy.
- OBELLIANNE J.M. (1958). — Sur la pétrographie des îles de Vaté, Pentecôte, Maéwo et Santo en relation avec la structure générale des Nouvelles-Hébrides et de la bordure océanique de la Mélanésie. *C. R. Soc. géol., Fr.*, n° 13, p. 291-293.
- OBELLIANNE J.M. (1961). — Le manganèse de Forari. *Industr. Trav. Outremer, Fr.*, **9**, n° 92, p. 520-523.
- O'REILLY P. (1958). — Bibliographie des Nouvelles-Hébrides. Paris, publication de la Société des Océanistes, n° 8, 305 p.
- PRIAM R. (1958). — Naissance d'une activité minière aux Nouvelles-Hébrides. *J. Soc. Océanistes, Fr.*, **14**, p. 9-35, carte.
- RAHDON A.E. (1960). — Contribution à l'étude géologique et vulcanologique de l'île Malekula. (Nouvelles-Hébrides). Montpellier.
- REED F. (1949). — The geology of the British Empire. 2nd ed.
- SAGATZKY J. (1958). — Contribution à l'étude géologique de l'île Espiritu Santo, Nouvelles-Hébrides. Roches Sédimentaires. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **8**, n° 5, p. 501-509, 2 fig.

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES

I. G. N.



NG



Photographie aérienne n° 66 IGN

Le Volcanique I dans le nord-ouest

(Entrée ouest du couloir Dillon-Potnarevin)

<u>Volcanique I</u>	= tabulaire
VI	latérisé non couvert
	réseau hydrographique profondément en-
	caissé (ici la rivière Efel)
<u>Volcanique II - Volcanique III</u>	= dominant le Volcanique III
VII	VIII latérisation du Volcanique II
	observable sous la couver-
	ture végétale
<u>Série de Numpon</u>	= il s'agit ici de calcaires limités à l'est
SN	par une falaise visible sur la photo.



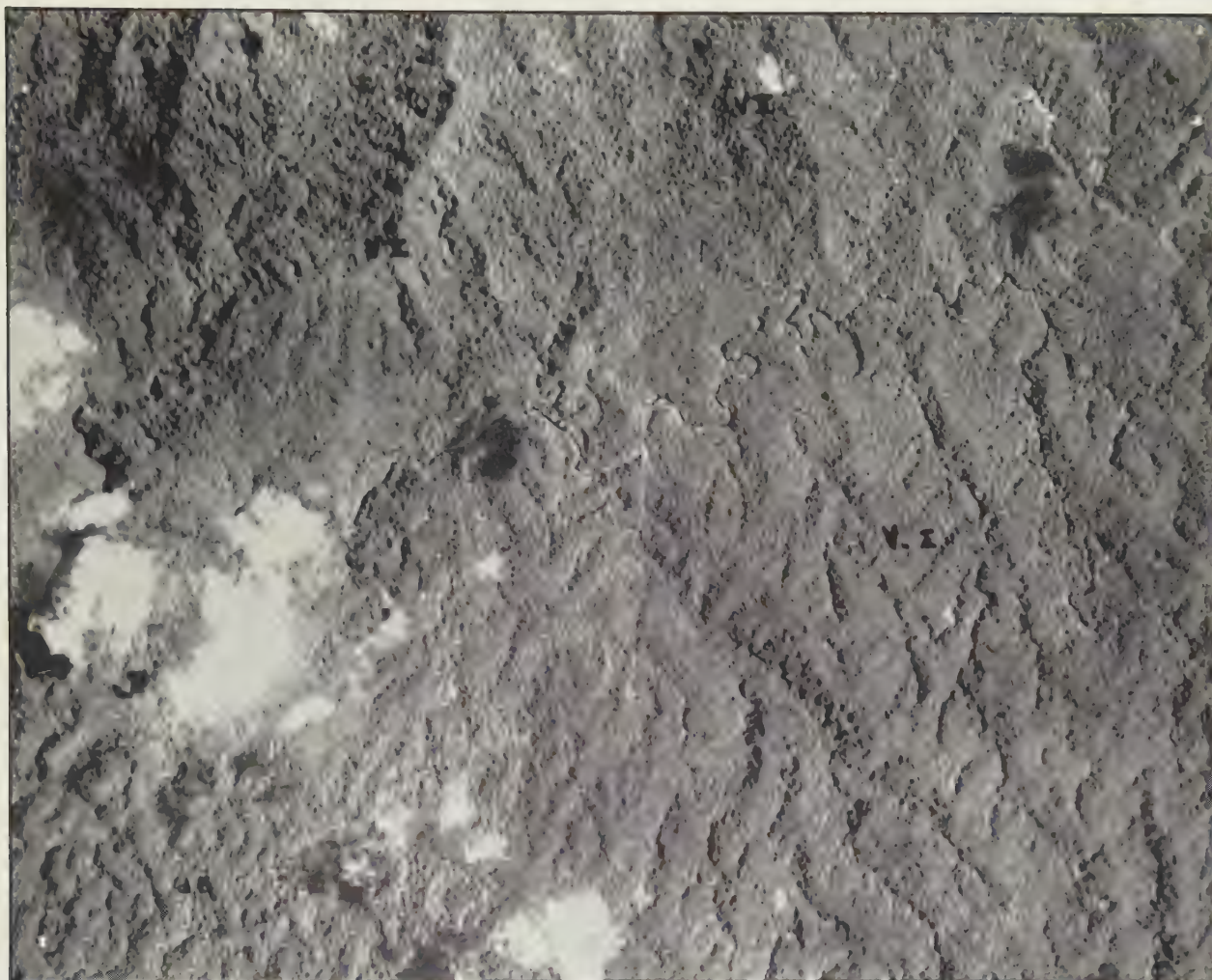
NG



Photographie aérienne n° 82 IGN

Le Volcanique II = appareil du Mt. Ugin

On observe : *l'appareil éruptif circulaire avec sa cavité centrale*
la latérisation poussée du Volcanique II
le sédimentaire en bordure NW et SW



NG



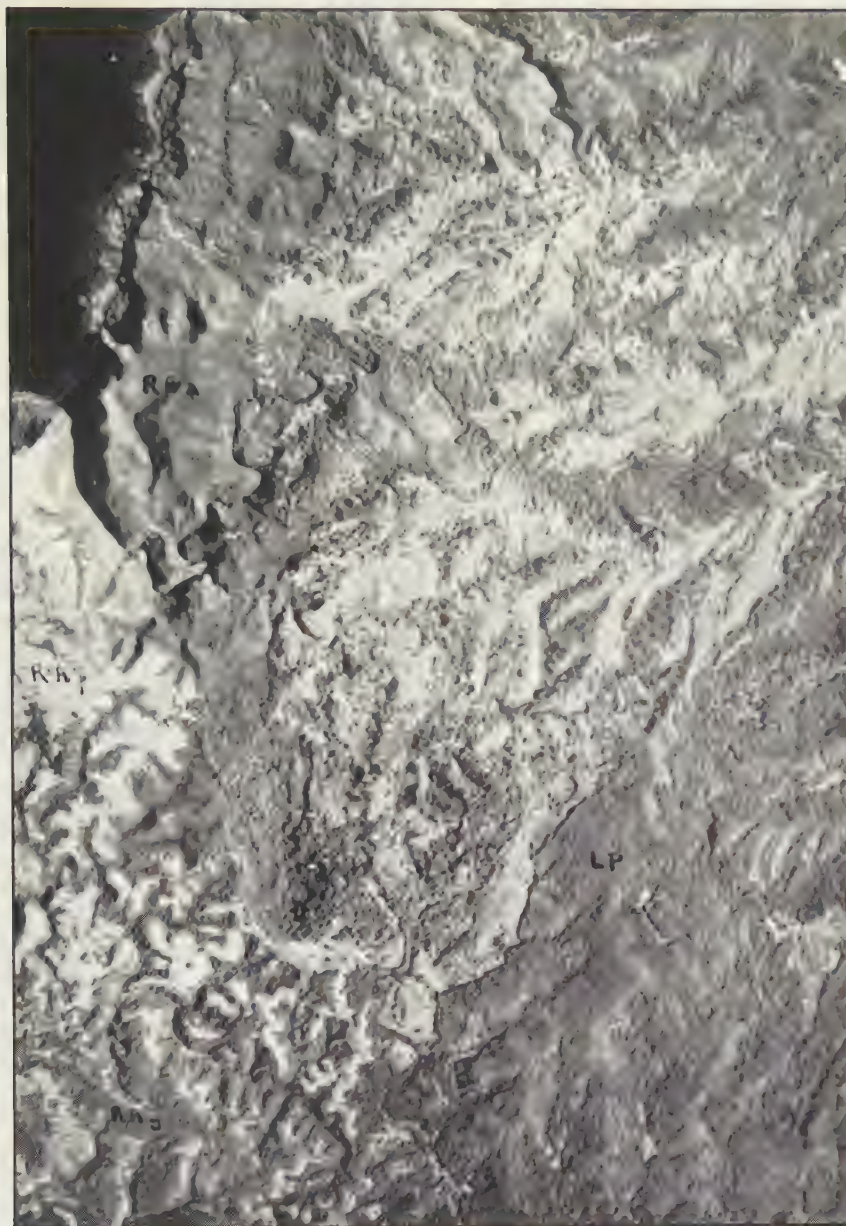
Assemblage des photographies n° 106 - 107 - 107 IGN

Relations du Volcanique I avec le Volcanique II et le dépôt de Rautor

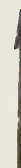
<u>Volcanique I</u> VI	= tabulaire réseau hydrographique <i>NNW - SSE</i> parallèle aux affleurements des coulées latérisé mais couvert
<u>Volcanique II</u> VII	= relief en surplomb sur le volcanique I orientation du réseau hydrographique absolument indépendant de l'orientation sur Volcanique I
<u>Dépôt de Rautor</u> dR	= ensemble horizontal mais relief moutonné réseau hydrographique serré et anastomosé



La rivière principale est la Rivière du Sud. Elle suit sensiblement le contact Volcanique I Volcanique II.



NG



Photographie aérienne n° 27 IGN

Latérites en place et latérites remaniées

Les terres latéritiques en place (LP) sont un peu perméables et portent une végétation relativement serrée (gaïacs, santal) mais peu élevée.

Les terres latéritiques remaniées (LR) sont imperméables. La végétation y est clairsemée. Dans les points bas les eaux stagnent en surface : étang e près du village de Navwolu

Le Récif ancien, vers la côte porte ici un taillis d'acacias (RA a) des pâturages (RA p) ou des forêts de gaïacs élevés (RA g). La Baie au NW est la Baie Elisabeth.



NG



Photographie aérienne n° 33 IGN

Le Volcanique III

On observe notamment

- l'ouverture Est dans l'appareil éruptif*
(rivière Potnuma)
- la cavité centrale*
- (d) les dykes marginaux*



NG



Photographie aérienne n° 47 IGN

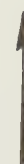
Le Volcanique IV

Remarquer la fraîcheur du relief et du petit cratère (Pic Raa)

la netteté des failles récentes.



NG



Photographie aérienne n° 128 IGN

Tectonique récente et mouvements épirogéniques

La faille de Potnagnai (F - F) décale le Volcanique I (VI) le dépôt de Rautor (dR) et les gradins côtiers (GI, II, III, IV). Elle décale également la terrasse marine de 4 m non visible sur la photo. Les gradins sont comptés du haut vers le bas. Le gradin II est bien développé ici. Observer l'échancrure intermédiaire (e) entre les gradins II et III (cf métallogénie Immeus).

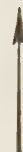
ILE ERROMANGO

Assemblage des photos aériennes I.G.N.

Echelle : 1/100.000 environ



NG



Remarquer : outre certains alignements

- le relief circulaire du nord avec sa cavité centrale (Volcanique III)
- les petits volcans visibles sur la presqu'île est (Volcanique IV)
- le massif circulaire du Mont UNGIN (Volcanique II).

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE I

LE VOLCANIQUE ANCIEN

1. — *Vue prise de Navvolu vers le Sud-Est.*

Au premier plan : les calcaires de Numpon (Savane).

En contrebas : Volcanique I (forêt).

Dans le lointain, la chaîne du Volcanique II.

2. — Passage de matériel volcanique remanié à l'embouchure de la rivière Potiaragou.

3. — *Vue prise de Numpon vers le Sud.*

Le Volcanique tabulaire surplombé du Volcanique II.

FACIÉS SÉDIMENTAIRE COTIER

4. — La Série Sédimentaire Ancienne est horizontale dans la baie d'Immeus.

On voit ici trois gradins côtiers :

— Le Gradin V est bien développé,

— Le Gradin IV est net,

— Le Gradin III est estompé.

5. — La Série Sédimentaire Ancienne pentée dans la baie de RAOUISSE (calcaire et calcaire tuffeux).

Remarquer au premier plan le Gradin V.

6. — A l'embouchure de la rivière Ifor on voit :

— à gauche de la photographie la Série Sédimentaire Ancienne horizontale ;

— à droite commencent les calcaires de Melvé Imponkor mis en place sur le Gradin Inférieur.



1



4



2



5



3



6

PLANCHE II

CHANTIER D'IMMEUS

1. — *Débarquement.*

La mer déferlant sur les coraux vivants interdit l'approche de la goélette.

Le débarquement doit se faire par canot venant s'échouer sur le récif à la faveur de fortes vagues.

2. — *Prospection à la tarière à main.*

CHANTIER DE RAOUISSE

3. — *Tranchée P.B. 3 et puits P.B. 30.*

4. — *Piste B.R.G.M. de Dillon à Raouisse.*

Passage difficile descendant au radier de la Potiaragou.



1



2



3



4

PLANCHE III

TODOROKITE

MINERAI « CONCRÉTION OVOÏDE » D'IMMEUS

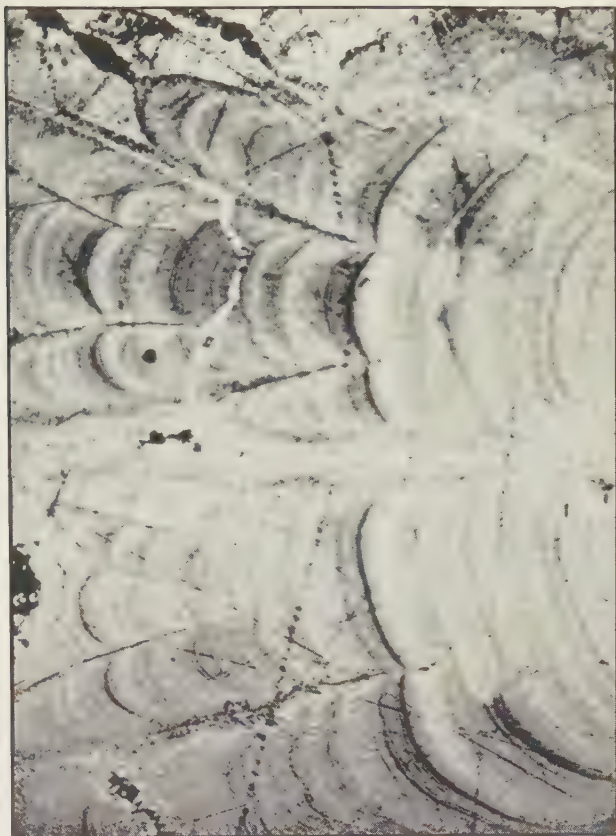
1. — Minerai « Concrétion ovoïde » d'Immeus.

SECTION POLIE M.P.M.G. 3841

2. — *Lumière naturelle* : grossissement 50 environ.
Concrétions de todorokite. En clair petits cristaux de polianite
secondaire.
3. — *Lumière polarisée et analysée*.



1



2



3

PLANCHE IV

TODOROKITE

MINERAI « EFFLORESCENCE » DE RAOUISSÉ

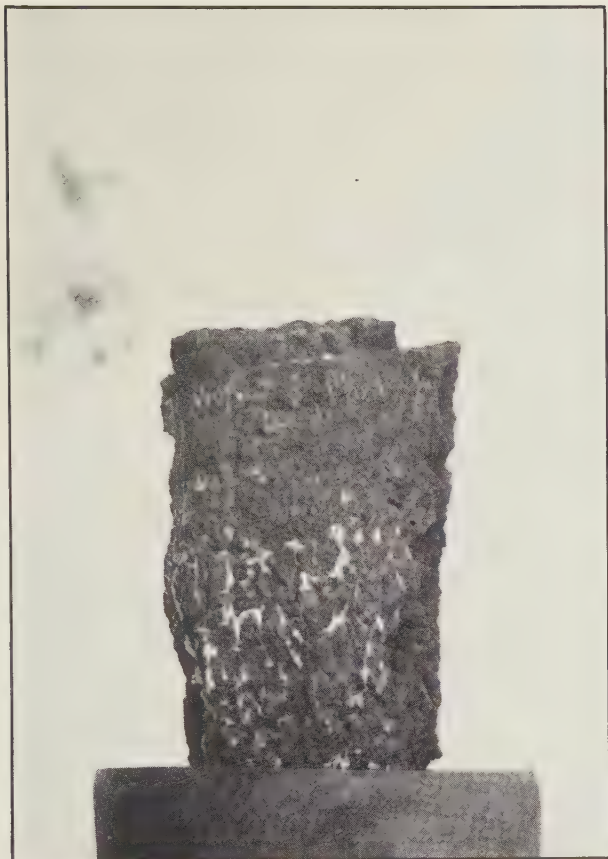
1. — Minerai « Efflorescence » de Raouisse.

SECTION POLIE M.P.M.G. 3842

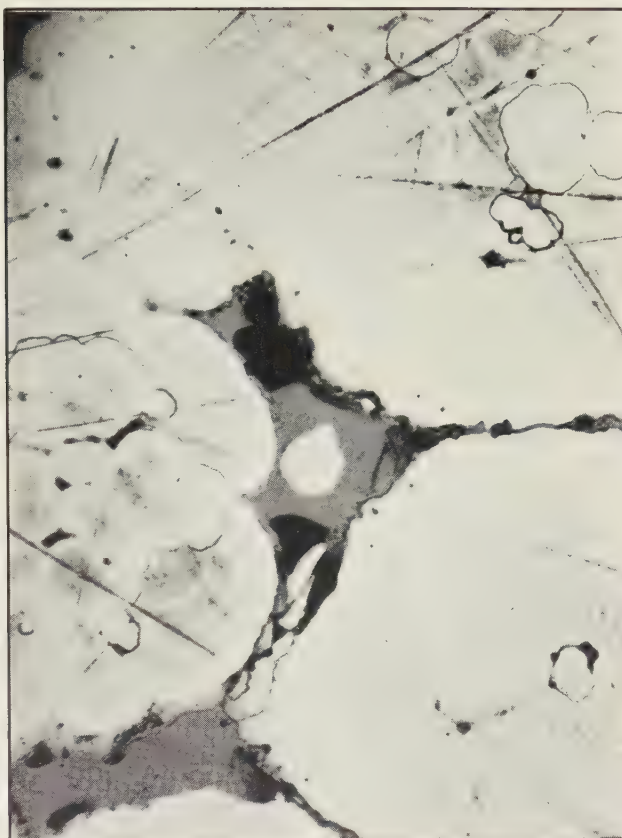
2. — *Lumière naturelle* : grossissement 50 environ.

Concrétions de todorokite. Les concrétions stalactitiformes de l'ordre de 1 mm de diamètre sont coupées transversalement.

3. — *Lumière polarisée et analysée.*



1



2



3

PLANCHE V

TODOROKITE

MINERAI DU TYPE
« *REMPLISSAGE DE FISSURE* » DUMUROP

SECTION POLIE M.P.M.G. 3843

1. — *Lumière polarisée* : grossissement 50 environ.

Concrétions de todorokite. Calcite secondaire englobant des fragments de todorokite.

2. — *Lumière polarisée et analysée.*

Noter les croix noires sur les concrétions sphérolithiques de todorokite.

TOUT-VENANT DE RAOUISSE

SECTION POLIE M.P.M.G. 3844-2

3. — *Lumière naturelle* : grossissement 40 environ.

Fossiles épigénisés par de la polianite.

Noter la todorokite qui s'est déposée sur l'un d'eux.

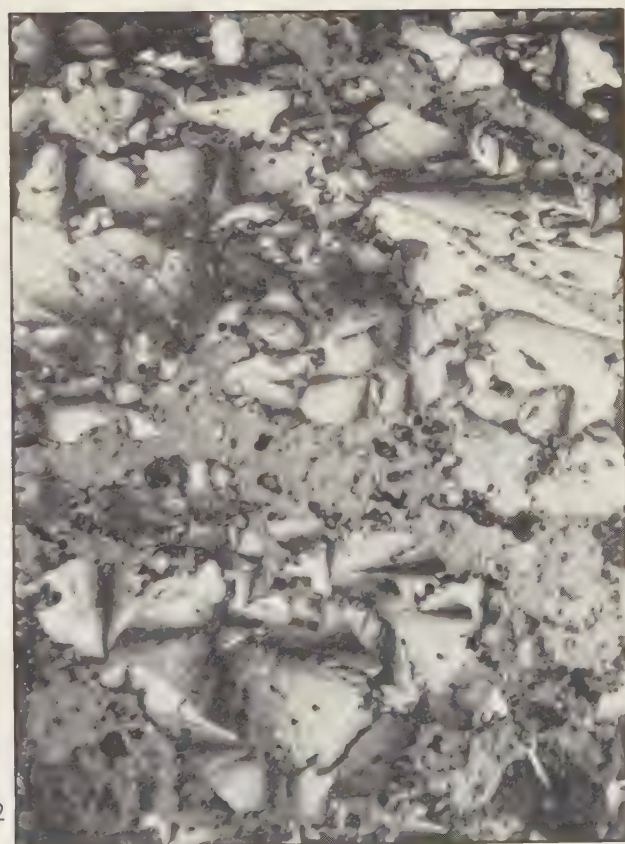
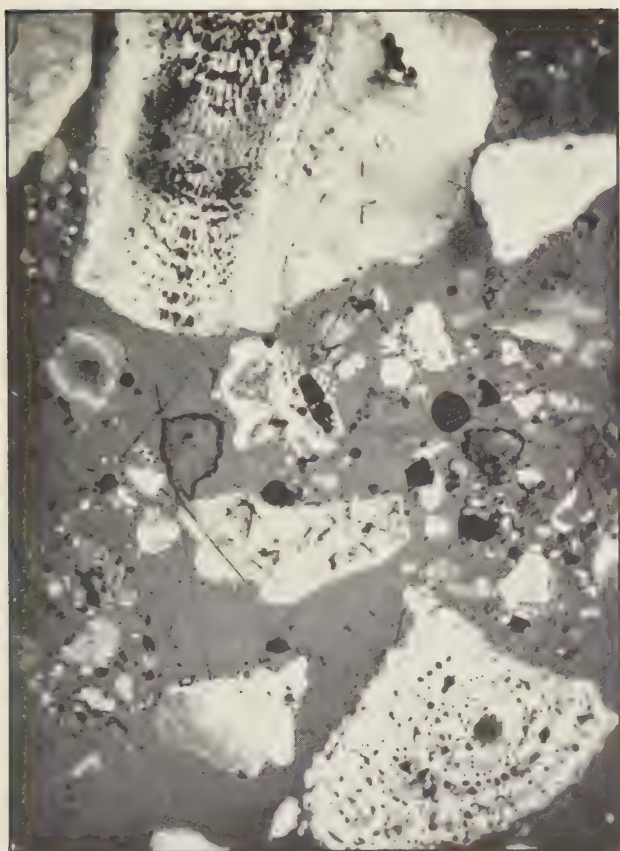
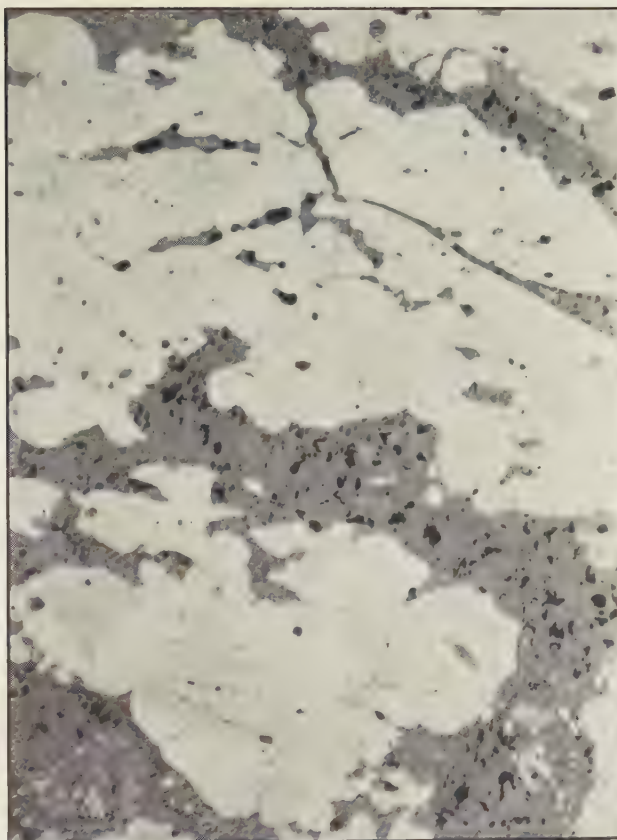


TABLE DES PLANS, FIGURES ET CROQUIS

	Pages
FIG. 1. — Situation de l'île Erromango aux Nouvelles-Hébrides	8
FIG. 2. — Principaux bassins versants à Erromango	12
FIG. 3. — Séismes 1909-1963 (magnitude 7) séismes 1961.	14
FIG. 4. — Coupe schématique du Volcanique I dans le Sud d'Erromango	19
FIG. 5. — Succession des dépôts observés dans le Volcanique I.	21
FIG. 6. — Volcanique III; coupe interprétative Nord-Sud.	26
FIG. 7 a. — Formations volcaniques : résultats des analyses chimiques en nombre d'atomes.	31
FIG. 7 b. — Formations volcaniques : résultats des analyses chimiques en nombre d'atomes.	32
FIG. 8. — Formations volcaniques : diagramme triangulaire.	33
FIG. 9. — Diagramme interprétatif des éléments caractéristiques des laves de chaque série volcanique.	33
FIG. 10. — Mise en place de la Série Sédimentaire Ancienne (récif frangeant).	39
FIG. 11. — Mise en place de la Série Sédimentaire Ancienne (récif barrière).	41
FIG. 12. — Formation du Récif Ancien (région de Melvé).	42
FIG. 13. — Coupe de la Série de Numpon.	46
FIG. 14. — Coupe schématique des formations argileuses du gradin II.	49
FIG. 15. — Dégradation des gradins côtiers par érosion.	59
FIG. 16. — Alignements repérés sur l'assemblage des photos aériennes.	61
FIG. 17. — Style tectonique de chaque formation.	66
FIG. 18. — Formations des gradins côtiers.	68
FIG. 19. — Esquisse tectonique	70
FIG. 20. — Stratigraphie d'Erromango	74
FIG. 21. — Chantier de Raouisse. Exemple de plan de chantier levé initialement au 1/1.000.	84
FIG. 22. — Raouisse. Coupe de la tranchée PB3 et du puit PB30.	87
FIG. 23. — Chantier d'Immeus (plan partiel).	91
FIG. 24. — Chantier de Raouisse : environnement géologique et emplacements des travaux.	95
FIG. 25. — Coupes interprétatives du gîte de Raouisse.	97
FIG. 26. — Gîte de Raouisse. Interprétation des travaux de surface, des sondages et de la géophysique.	98

	Pages
FIG. 27. — Raouisse. Prospect PB21. Exemple de niveau calcaire minéralisé.....	105
FIG. 28. — Type de minéralisation syngénétique dans la Série Sédimentaire Ancienne.	106
FIG. 29. — Prospection du recouvrement argileux du gradin II. Type de coupes obtenues dans les travaux.....	109
FIG. 30. — Chantier d'Immeus : coupe interprétative le long du lagon de base.....	111
FIG. 31. — Cycle du manganèse.....	131

ANNEXES

(en pochette)

- N° 1. — Carte géologique d'Erromango.
 N° 2. — Carte des minéralisations d'Erromango.
 N° 3. — Emplacement des principaux travaux.

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

I. — PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES I.G.N.

- N° 1 (I.G.N. N° 66). — Le Volcanique I dans le Nord-Ouest.
 N° 2 (I.G.N. N° 82). — Le Volcanique II — appareil du Mont Ungin.
 N° 3 (I.G.N. N° 106-107-108). — Relations du Volcanique I avec le Volcanique II
et le dépôt de Rautor.
 N° 4 (I.G.N. N° 27). — Latérites en place et latérites remaniées.
 N° 5 (I.G.N. N° 33). — Le Volcanique III.
 N° 6 (I.G.N. N° 47). — Le Volcanique IV.
 N° 7 (I.G.N. N° 128). — Tectonique récente et mouvements épéirogéniques.
 N° 8. — Assemblage des photographies aériennes sur Erromango.

II. — PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.

PLANCHE I.

Le Volcanique Ancien :

1. — Vue prise de Navwolu vers le Sud-Est : Calcaires de Numpon,
Volcanique I et Volcanique II.
2. — Volcanique Ancien I : matériel remanié.
3. — Vue prise de Numpon vers le Sud : le Volcanique tabulaire
surplombé du Volcanique II.

Faciès sédimentaire côtier :

4. — Baie d'Immeus : gradins III, IV et V.
5. — Baie de Raouisse : les couches pentées de la Série Sédimentaire
Ancienne.
6. — Embouchure de la rivière Ifor : Série Sédimentaire Ancienne et
Calcaires de Melvé Imponkor.

PLANCHE II.

Chantier d'Immeus :

1. — Débarquement à Immeus.
2. — Prospection à la tarière à main.

Chantier de Raouisse :

3. — Tranchée PB3 et puits PB30.
4. — Piste B.R.G.M. de Dillon à Raouisse.

PLANCHE III.

Todorokite — Minéral « Concrétion ovoïde d'Immeus » :

1. — Bloc de minéral.
- 2 et 3. — Section polie : microphotographies.

PLANCHE IV.

Todorokite — Minéral « Efflorescence de Raouisse » :

1. — Bloc de minéral.
- 2 et 3. — Section polie : microphotographies.

PLANCHE V.

Todorokite — Sections polies — microphotographies :

- 1 et 2. — Minéral « Remplissage de fissures » Dumurop.
3. — Tout-venant de Raouisse, polianite primaire épigénisant un fossile.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Montpellier, le 22-6-1963

Le Recteur de l'Académie de Montpellier :

C. RICHARD

VU ET APPROUVÉ :

Montpellier, le 22-6-1963

Le Doyen de la Faculté des Sciences :

B. CHARLES

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
SOMMAIRE.	3
AVANT-PROPOS.	5
INTRODUCTION.	7

CHAPITRE PREMIER

LES CONDITIONS NATURELLES

1. APERÇU GÉOGRAPHIQUE.	9
1,1 Les Nouvelles-Hébrides	9
1,2 Quelques chiffres sur Erromango	10
1,3 Relief d'Erromango.	10
1,4 Les côtes.	10
1,5 Hydrographie	11
1,6 Climat	11
1,7 Flore	11
1,8 Faune	13
1,9 Population	13
2. SISMICITÉ.	13
3. GÉOMORPHOLOGIE	13

CHAPITRE II

LES FORMATIONS VOLCANIQUES

1. INTRODUCTION	17
2. LE VOLCANIQUE ANCIEN.	18
2,1 Généralités	18
2,2 Le Volcanique I	18
2,3 Le Volcanique II.	22
2,4 Altération du Volcanique Ancien	23
2,5 Origine du Volcanique I	24

	Pages
3. LE VOLCANIQUE MOYEN	24
3,1 Généralités	24
3,2 Appareil éruptif	25
3,3 Types de matériel observé — Situation de ce matériel	25
3,4 Le matériel remanié	25
3,5 Les coulées	27
3,6 Relations entre le Volcanique III et les formations avoisinantes	27
4. LE VOLCANIQUE RÉCENT.	28
5. ÉTUDES EN LABORATOIRE	28
5,1 Lames minces — pétrographie.....	28
5,2 Analyses chimiques.	30
5,3 Conclusion à l'étude en laboratoire.	34
6. CONCLUSION	34

CHAPITRE III

LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES

1. INTRODUCTION	37
2. LE RÉCIF ANCIEN	38
2,1 La Série Sédimentaire Ancienne.....	38
2,2 La Série de Numpon	44
3. FORMATION DE RAUTOR	47
3,1 Divers faciès de la formation de Rautor	47
3,2 Age de la formation.....	47
4. PLACAGES ULTÉRIEURS SUR LE RÉCIF ANCIEN	47
4,1 Dépôts essentiellement argileux sur le gradin II.....	47
4,2 Calcaires de Melvé-Imponkor.....	51
5. DÉPÔTS DE TERRASSES FLUVIATILES.	52
5,1 Formation de Ponalvat.....	52
5,2 Autres terrasses fluviales	52
6. LES FORMATIONS COTIÈRES ACTUELLES.	52
7. CONCLUSION – RÉSUMÉ.	52

CHAPITRE IV

TECTONIQUE ET GÉOMORPHOLOGIE

1. INTRODUCTION	55
2. OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN.....	55
2,1 Conditions d'observation	55

	Pages
2,2 Les failles	56
2,3 Les pendages	57
2,4 Les gradins côtiers	58
3. OBSERVATIONS SUR PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.	60
3,1 Déroulement des travaux.	60
3,2 Les failles	60
3,3 Les pendages	60
3,4 Les gradins.	62
4. MODE DE CARTOGRAPHIE.	62
4,1 Failles	62
4,2 Pendages	62
4,3 Gradins	62
5. INTERPRÉTATION	63
5,1 Caractères tectoniques d'ensemble	63
5,2 Age des différentes failles.	65
5,3 Interprétation des gradins côtiers. Mouvements épéirogéniques	67
5,4 Essai d'histoire tectonique de l'île	69
6. CONCLUSION	69

CHAPITRE V

STRATIGRAPHIE

1. INTRODUCTION	73
2. HISTOIRE GÉOLOGIQUE — PALÉOGÉOGRAPHIE.	73
2,1 Volcanique I.	73
2,2 Première phase tectonique	75
2,3 Volcanique II	75
2,4 Seconde phase tectonique.	75
2,5 Série Sédimentaire Ancienne.	75
2,6 Volcanique II	75
2,7 Troisième phase tectonique	76
2,8 Série de Numpon — Dépôts de Ponalvat	76
2,9 Série de Rautor	76
2,10 Surrection de l'île.	76
2,11 Volcanique IV	76
2,12 Terrasse marine de 4 m	77
2,13 Quatrième phase tectonique.	77
3. CONCLUSION	77

CHAPITRE VI

PROSPECTION

	Pages
1. INTRODUCTION	79
2. TRAVAUX PRÉLIMINAIRES.....	80
2,1 Travaux antérieurs au début de la prospection (1959)	80
2,2 Etude des conditions naturelles — Conséquences	80
3. PROSPECTION VOLANTE.....	81
3,1 Recherche des indices apparents.	81
3,2 Première étude de certains indices.....	83
3,3 Résultats pratiques — Applications immédiates	85
4. TRAVAUX DE DÉTAIL	89
4,1 Chantier Immeus — Potnagnaï.	90
4,2 Chantier de Raouisse.....	92
5. CONCLUSION GÉNÉRALE SUR LA PROSPECTION	99

CHAPITRE VII

MÉTALLOGÉNIE

1. INTRODUCTION	101
2. OBSERVATIONS DE TERRAIN	101
2,1 Minéralisations observées dans le Volcanique, autres que le manganèse....	101
2,2 Minéralisations observées dans le Sédimentaire, autres que le manganèse....	102
2,3 Minéralisation en manganèse trouvée dans les formations volcaniques....	102
2,4 Minéralisation en manganèse trouvée dans la Série Sédimentaire Ancienne....	103
2,5 Minéralisation en manganèse dans les formations argileuses recouvrant le gradin II.	107
2,6 Minéralisation en manganèse au contact volcanique sédimentaire à Raouisse.	113
3. OBSERVATIONS DE LABORATOIRE.	116
3,1 Minéralisation de Raouisse.....	117
3,2 Minéralisation dans les dépôts argileux recouvrant le gradin II	118
3,3 Minerai de Happyland	118
3,4 Minerai de Waringui.	119
3,5 Minerai de Dumurop.	120
3,6 Résultats acquis par les études de laboratoire.....	120
4. ESSAI SUR LA GENÈSE DES DIFFÉRENTS TYPES DE GITES DE MANGANÈSE A ERROMANGO.	121
4,1 Origine de la minéralisation en manganèse.	121
4,2 Différentes hypothèses génétiques envisageables à Erromango	123
4,3 Essai d'interprétation sur la mise en place de la minéralisation localisée dans les dépôts argileux du gradin II.....	124
4,4 Essai d'interprétation de la mise en place du gîte de Raouisse.	127
5. CONCLUSION	130

CHAPITRE VIII

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

1. GÉNÉRALITÉS	133
2. LES FORMATIONS VOLCANIQUES	134
3. LES FORMATIONS SÉDIMENTAIRES	135
4. TECTONIQUE.....	137
5. STRATIGRAPHIE.....	138
6. PROSPECTION	139
7. MÉTALLOGÉNIE	140
8. CONCLUSION A CETTE ÉTUDE	143
BIBLIOGRAPHIE.....	144
PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES I.G.N.....	145
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	163
TABLE DES PLANS, FIGURES ET CROQUIS	175
TABLE DES PHOTOGRAPHIES.....	176
ANNEXES 1 à 3 (Cartes).....	en pochette

ACHEVÉ D'IMPRIMER
en février 1966
PAR L'IMPRIMERIE
G. DE BUSSAC
CLERMONT - FERRAND

Dépôt légal n° 982 — 1^{er} trimestre 1966

